

明細書

ループ型サーモサイフォン、放熱システム、熱交換システムおよびスターリング冷却庫

技術分野

[0001] 本発明は、ループ型サーモサイフォン、放熱システム、熱交換システムおよびスターリング冷却庫に関する。本発明は、特に、蒸発器と凝縮器とを備えた、冷媒の循環による熱交換システムおよびそれを備えたスターリング冷却庫に関する。また、本発明は、特に、ループ型サーモサイフォンおよび放熱システムならびにこれらを備えたスターリング冷却庫に関する。

背景技術

[0002] 热源にて発生する熱を放熱する放熱システムとして、ヒートシンクやヒートパイプ、サーモサイフォン等を用いた放熱システムが知られている。ヒートシンクを用いた放熱システムにあっては、热源に取り付けたヒートシンクに顯著な温度分布が生じるため、热源から離れれば離れるほど放熱に寄与しなくなり、放熱性能の向上には自ずと限界がある。これに対し、ヒートパイプやサーモサイフォンを用いた放熱システムでは、热源にて生じた熱を作動流体を用いて伝達するため、热搬送能力がヒートシンクに比べて非常に高く、放熱性能を高く維持することが可能である。

[0003] ヒートパイプは、閉回路内に配設されたウイックの毛管力を用いて作動流体を循環させる毛管力駆動型熱搬送デバイスである。これに対しサーモサイフォンは、作動流体が蒸発および凝縮することによって生じる作動流体の密度差を利用した重力駆動型熱搬送デバイスである。なお、ループ型サーモサイフォンとはループ状に構成された閉回路内を作動流体が循環するように構成されたサーモサイフォンである。

[0004] ループ型サーモサイフォンを備えたスターリング冷却庫を開示した文献として、たとえば特開2003-50073号公報(特許文献1)や特開2001-33139号公報(特許文献2)等がある。

[0005] 上記特許文献1に開示されるスターリング冷凍機の放熱部(高温部)の熱交換システム(従来例1)は、配管で接続した高温側蒸発器と高温側凝縮器とを備え、高温側

凝縮器を高温側蒸発器よりも高い位置に設け、水やハイドロカーボンなどの自然冷媒を封入し、サーモサイフォン原理で熱を搬送・放出する構成を有している。

- [0006] ここで、スターリング冷凍機の運転を開始すると、高温部の温度が上がり、高温側蒸発器で熱搬送媒体が加熱されて蒸発し、配管を通って高温側凝縮器に流入する。同時に、放熱用ファンの回転により、庫外の空気が吸引口から空気ダクト内に吸い込まれ、高温側凝縮器のフィン間を通過した後吹出し口から庫外に吹き出される。その際、熱搬送媒体は高温側凝縮器で冷やされて凝縮する。凝縮した熱搬送媒体は配管を通って流れ落ち、再び高温側蒸発器に戻る。このように、熱搬送媒体の自然循環が行なわれ、スターリング冷凍機の高温部の熱が庫外に放熱される。

特許文献1:特開2003-50073号公報

特許文献2:特開2001-33139号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0007] しかしながら、上記の従来例1のような構成の熱交換システムにおいては、下記のような問題があった。
- [0008] 上記の高温側蒸発器には、ガス化した冷媒を蒸発器から凝縮器へと導く第1の配管と、凝縮した冷媒を凝縮器から蒸発器へと戻す第2の配管とが接続される。
- [0009] ここで、蒸発器内でガス化した冷媒が第1の配管へ流入する際の速度は非常に大きく、凝縮した冷媒が蒸発器内へ流入する際の流量は比較的小さいため、蒸発器内へ流入する冷媒が、大きな流速をもつ上記のガスとともに、液体状態のまま第1の配管へと流入する場合がある。
- [0010] 上記の流入により、蒸発器内の液冷媒が減少して液位が下がることになる。ここで、蒸発器の冷却機能は主に液冷媒の蒸発によって発揮されているので、結果として、該熱交換システムの冷却機能が低下することになる。
- [0011] また、一般にループ型サーモサイフォンにおいては、熱源を囲むように構成された放熱部と蒸発器との間の熱交換を促進させ、蒸発器内の作動流体の蒸発を促すことにより、冷却性能が向上するようになるが、放熱部と蒸発器との熱交換を促進させるためには、これらの密着性を高めたり、接触面積を大きく確保したりすることが効果的

である。しかしながら、密着性を高めたり、接触面積を大きく確保したりしたとしても、必ずしも十分な冷却性能が得られるものではなく、また、接触面積を大きく確保するためには装置が大型化するという問題もあり、ループ型サーモサイフォンの利用が一部の分野に限定されていた。

- [0012] そこで、本発明は、上述の問題を解決すべくなされたものであり、本発明の目的とするところは、冷却効率のよいループ型サーモサイフォン、放熱システム、熱交換システムならびにそれらを備えたスターリング冷却庫を提供する点にある。

課題を解決するための手段

- [0013] 本発明の第1の局面に係る熱交換システムは、放熱部の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる蒸発器と、冷媒を凝縮させる凝縮器と、冷媒を蒸発器から凝縮器へと導く導管と、凝縮器で凝縮した冷媒を凝縮器から蒸発器へと戻す戻り管とを備えるものであって、蒸発器内において、戻り管の開口部と蒸発器の内周面との間の距離は、導管の開口部と内周面との間の距離よりも小さい。これにより、戻り管から蒸発器に流入する凝縮した冷媒が、蒸発器から導管へと流入するガスの気流に巻き込まれにくくなるので、冷媒の導管への逆流による蒸発器内の液位の低下が抑制され、結果として、熱交換システムの冷却機能が低下するのを防止することができる。

- [0014] 本発明の第2の局面に係る熱交換システムは、放熱部の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる、複数に分割された蒸発器と、冷媒を凝縮させる凝縮器と、冷媒を複数に分割させた各々の蒸発器から凝縮器へと導く導管と、凝縮器で凝縮した冷媒を凝縮器から各々の蒸発器へと戻す戻り管とを備えるものであって、戻り管は導管よりも各蒸発器の導管に近い側の周方向端面側にそれぞれ接続されている。これにより、戻り管から蒸発器に流入する凝縮した冷媒が、蒸発器から導管へと流入するガスの気流に巻き込まれにくくなるので、冷媒の導管への逆流による蒸発器内の液位の低下が抑制され、結果として、熱交換システムの冷却機能が低下するのを防止することができる。

- [0015] 本発明の第3の局面に係る熱交換システムは、複数に分割された蒸発器と、冷媒を凝縮させる凝縮器と、冷媒を複数に分割された各蒸発器から凝縮器へと導く導管と、凝縮器で凝縮した冷媒を凝縮器から各蒸発器へとそれぞれ戻す戻り管と、複数の蒸

発器を連結し、複数の蒸発器間での液冷媒の流動を許容する連結管とを備える。これにより、複数の蒸発器内の液冷媒の液位の不均衡を調整することができるので、各々の蒸発器の液位の極端な低下が緩衝され、結果として蒸発器の冷却効果の低下を防止することができる。

- [0016] 上記本発明の第1ないし第3の局面に係る熱交換システムにあっては、導管および戻り管は蒸発器の外周面に接続され、戻り管は導管よりも蒸発器の内周面側に突出していることが好ましい。また、この際、戻り管は蒸発器の内部で屈曲し、かつ蒸発器内部で蒸発器の軸方向端面と交差する方向に延在することが好ましい。これにより、凝縮した冷媒を蒸発器内の任意の箇所に流入させることができる。したがって、冷媒が導管へ逆流するのを防ぐ効果を高めることができる。
- [0017] また、上記本発明の第1ないし第3の局面に係る熱交換システムにあっては、導管は蒸発器の外周面に、戻り管は蒸発器の軸方向端面にそれぞれ接続されていることが好ましい。また、この際、戻り管は蒸発器内部で蒸発器の軸方向端面と交差する方向に延在することが好ましい。これにより、凝縮した冷媒を蒸発器内の任意の箇所に流入させることができる。したがって、冷媒が導管へ逆流するのを防ぐ効果を高めることができる。
- [0018] このように、上記本発明の第1ないし第3の局面に係る熱交換システムにあっては、上述のとおり、導管および戻り管について、構造上の制約に対応して複数のバリエーションが選択可能である。この結果、熱交換システムを適用するデバイスの構造上の制約に拘束されずに、蒸発器の冷却効果を高めることができる。
- [0019] また、上記本発明の第1ないし第3の局面に係る熱交換システムにあっては、戻り管は、冷凍機の吸熱部に対して反対側の前記軸方向端面に接続されることが好ましい。これにより、比較的高温である冷媒からの熱伝導によって、低温部の温度が上昇することを防ぐことができる。
- [0020] また、上記本発明の第1ないし第3の局面に係る熱交換システムにあっては、戻り管は蒸発器の内部で複数の開口部を有することが好ましい。これにより、凝縮した冷媒を軸方向に分散させて蒸発器内に流入させることができる。したがって、蒸発器の冷却効果を高めることができる。

- [0021] また、上記本発明の第1ないし第3の局面に係る熱交換システムにあっては、戻り管の開口部の径を、戻り管の上流から下流に向けて大きくすることが好ましい。これにより、冷媒をより均等に分散させて蒸発器内に流入させることができる。
- [0022] 本発明の第4の局面に係る熱交換システムは、放熱部の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる蒸発器と、冷媒を凝縮させる凝縮器と、冷媒を蒸発器から凝縮器へと導く導管と、凝縮器で凝縮した冷媒を凝縮器から蒸発器へと戻す戻り管と、蒸発器内において、導管に液冷媒が流入するのを防ぐ冷媒流入防止部とを備える。これにより、蒸発器内の冷媒が、液体状態のまま蒸発器から導管へと流入するのを抑制することができる。このため、液冷媒の導管への逆流による蒸発器内の液位の低下が抑制され、結果として、熱交換システムの冷却機能が低下するのを防止することができる。
- [0023] 本発明の第5の局面に係る熱交換システムは、放熱部の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる蒸発器と、冷媒を凝縮させる凝縮器と、冷媒を蒸発器から凝縮器へと導く第1および第2の導管と、凝縮器で凝縮した冷媒を凝縮器から蒸発器へと戻す戻り管とを備えるものであって、第1および第2の導管の蒸発器との接続位置間にて蒸発器と戻り管とを接続している。これにより、戻り管から蒸発器に流入する凝縮した冷媒が、蒸発器から導管へと流入するガスの気流に巻き込まれにくくなる。このため、液冷媒の導管への逆流による蒸発器内の液位の低下が抑制され、結果として、熱交換システムの冷却機能が低下するのを防止することができる。
- [0024] 以上において説明した本発明の第1ないし第5の局面に係る熱交換システムは、スターリング冷凍機の放熱部の冷却に用いることができる。
- [0025] 本発明の第1の局面に係るスターリング冷却庫は、上述の本発明の第1ないし第5の局面に係る熱交換システムをスターリング冷凍機の放熱部に装着し、この熱交換システムにより放熱部の冷却を行なう。これにより、冷却庫に備えられたスターリング冷凍機は、冷却機能が高い熱交換システムを有することになる。この結果、冷却庫の成績係数(COP; Coefficient of Performance)が向上する。
- [0026] 本発明に係るループ型サーモサイフォンは、熱源から熱を奪い、内部の作動流体を蒸発させる蒸発器と、作動流体の熱を外部に放出し、内部の作動流体を凝縮させ

る凝縮器とを備え、作動流体がこれら蒸発器と凝縮器との間を循環するように、蒸発器と凝縮器とが接続されてなるものであり、蒸発器の熱源に当接する部位の内壁面に粗面化処理が施されていることを特徴とする。

- [0027] 上記本発明に係るループ型サーモサイフォンにあっては、蒸発器が複数に分割された枠体を含み、これら枠体同士がろう材にて接続されて組み立てられていることが好ましい。この場合、複数に分割された枠体は、熱源に当接する当接面を含む内側枠体と熱源に当接しない外側枠体とからなり、上記粗面化処理による加工面が内側枠体の上記当接面の反対側に位置する壁面に設けられていることが好ましい。また、上記加工面が、内側枠体が上記当接面の反対側に位置する壁面から突出して設けられた台状部の頂面に設けられていることが好ましい。
- [0028] 本発明の第2の局面に係るスターリング冷却庫は、スターリング冷凍機を搭載したものであって、スターリング冷凍機は上述のループ型サーモサイフォンを備えている。そして、本スターリング冷却庫においては、上述のループ型サーモサイフォンの蒸発器がスターリング冷凍機の放熱部と熱交換するように構成される。
- [0029] 本発明に係る放熱システムは、熱源を取り囲む放熱部と、この放熱部から熱を奪い、内部の作動流体を蒸発させる蒸発器と、作動流体の熱を外部に放出し、内部の作動流体を凝縮させる凝縮器とを備え、作動流体がこれら蒸発器と凝縮器との間を循環するように、蒸発器と凝縮器とが接続されてなるものである。蒸発器は、作動流体が流動する流路を内側に含む環状の枠体からなり、この環状の枠体は、環状の枠体の軸線を含む断面において、放熱部の側に開口を有している。上記流路は、環状の枠体の内壁面と、上記開口を塞ぐように位置する放熱部の外壁面とによって構成されている。本放熱システムにおいては、放熱部の外壁面のうちの上記流路に面する部分に、粗面化処理が施されていることを特徴とする。
- [0030] 上記本発明に係る放熱システムにあっては、放熱部と環状の枠体とがろう材にて接続されており、放熱部は、放熱部の外壁面のうちの上記流路に面する部分から流路側に向かって突出する台状部を有し、台状部の頂面に上記加工面が設けられていることが好ましい。
- [0031] 本発明の第3の局面に係るスターリング冷却庫は、スターリング冷凍機を搭載した

冷却庫であって、スターリング冷凍機は上述の放熱システムを備えている。そして、本スターリング冷却庫においては、上述の放熱システムの蒸発器がスターリング冷凍機の放熱部と熱交換するように構成されている。

発明の効果

- [0032] 上記本発明の第1ないし第5の局面に係る熱交換システムとすることにより、蒸発器内の冷媒の液位の低下を抑制することができるので、冷却効率のよい熱交換システムとすることができます。
- [0033] また、上記本発明の第1の局面に係るスターリング冷却庫とすることにより、成績係数の高いスターリング冷却庫とすることができます。
- [0034] また、上記本発明に係るループ型サーモサイフォンおよび放熱システムとすることにより、蒸発器内における作動流体の蒸発が促進されるため、冷却効率に優れたループ型サーモサイフォンおよび放熱システムとすることができます。
- [0035] また、上記本発明の第2および第3の局面に係るスターリング冷却庫とすることにより、冷却効率に優れたスターリング冷却庫とすることができます。

図面の簡単な説明

- [0036] [図1]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムを取り付けたスターリング冷凍機の斜視図である。
- [図2]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムにおける蒸発器の斜視断面図である。
- [図3]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムにおける蒸発器の変形例の斜視断面図である。
- [図4]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムにおける、戻り管が軸方向端面に交差する方向に延在する蒸発器の斜視断面図である。
- [図5]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムにおける、戻り管が軸方向端面に交差する方向に延在する蒸発器の変形例の斜視断面図である。
- [図6]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムにおける、液冷媒流入防止板を有する蒸発器の斜視断面図である。
- [図7]本発明の実施の形態1に係る、連結管を有する蒸発器を備えた熱交換システム

の斜視図である。

[図8]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムにおける蒸発器の他の変形例の模式図である。

[図9]本発明の実施の形態1に係る熱交換システムを備えたスターリング冷却庫の側面断面図である。

[図10]本発明の実施の形態2におけるループ型サーモサイフォンを備えたスターリング冷凍機の概略斜視図である。

[図11]スターリング冷凍機の放熱部を取り囲むように設置された蒸発器の端面図である。

[図12]蒸発器の組立て構造を示す分解斜視図である。

[図13]図11に示すXIII-XIII線に沿った蒸発器の断面図である。

[図14]図13に示す領域XIVの拡大断面図である。

[図15]図13に示す領域XVの拡大断面図である。

[図16]蒸発器の軸線と直交する面における蒸発器の断面を示す図である。

[図17]図16に示す領域XVIIの拡大図である。

[図18]図16に示す領域XVIIIの拡大図である。

[図19]本発明の実施の形態3における放熱システムの構成例を示す、スターリング冷凍機およびループ型サーモサイフォンの部分断面図である。

[図20]本発明の実施の形態3における放熱システムの変形例を示す、スターリング冷凍機およびループ型サーモサイフォンの部分断面図である。

[図21]本発明の実施の形態4におけるスターリング冷却庫の模式縦断面図である。

符号の説明

- [0037] 1 スターリング冷凍機、2 支持台、2A 支持部、3, 3A, 3B 蒸発器、4 凝縮器、4A 折り曲げ管、4B フィン、4C 導管側ヘッダーパイプ、4D 戻り管側ヘッダーパイプ、5 圧力容器、6 コールドヘッド、7 ウォームヘッド、8 導管、8A 開口部(導管)、8B 第1の導管、8C 第2の導管、9 戻り管、9A 開口部(戻り管)、10 バンド、11 外周面、11A 内周面、12 軸方向端面、13 液冷媒領域、13A 液面、14 ガス冷媒領域、15 周方向端面、16 流入防止板、17 連結管、18 冷却庫、

19 低温側凝縮器、20 低温側戻り管、21 低温側導管、22 低温側蒸発器、23 冷気ダクト、24 ダクト、25 送風ファン、26 冷凍空間側ファン、27 冷蔵空間側ファン、28 冷凍空間、29 冷蔵空間、101 スターリング冷凍機、102 圧力容器、103 吸熱部、104 放熱部、104b 外壁面、104c 台状部、104c1 頂面、104d 加工面、105 支持台、106 支持部、107 締め付けバンド、110 ループ型サーモサイフォン、111 蒸発器、112 送り管、113 凝縮器、113a 送り管側母管、113b 並行管、113c 戻り管側母管、113d 放熱フィン、114 戻り管、115 内側枠体、115a 当接面、115b 内側壁面、115c 台状部、115c1 頂面、115d 加工面、115d1 頂面、115e 突部、116 外側枠体、116a, 116b 孔、117, 118 キヤップ、119 枠体、120 高熱伝導グリス、121 ろう材、123 圧縮空間、124 内部熱交換器、125 再生器、130 スターリング冷却庫、131 吸熱部側熱搬送システム、133 冷気ダクト、134 ダクト、135 送風ファン、136 冷凍空間側ファン、137 冷蔵空間側ファン、138 冷凍空間、139 冷蔵空間。

発明を実施するための最良の形態

[0038] 以下、本発明の実施の形態について、図を参照して説明する。

[0039] (実施の形態1)

本実施の形態に係る熱交換システムの一例としては、図1に示すような、スターリング冷凍機1の放熱部としての高温部(ウォームヘッド)を冷却するためのシステムが挙げられる。この熱交換システムは、蒸発器3と凝縮器4とを備えている。

[0040] 上記のスターリング冷凍機1は支持台2に支持されている。また、支持台2は、支持部2Aによりスターリング冷凍機1を支持し、該スターリング冷凍機を利用する冷蔵庫などの冷却庫の任意の箇所にスターリング冷凍機1を固定することができる。また、蒸発器3および凝縮器4は、スターリング冷凍機1の作動によって生じる高温部の放熱サイクルに含まれる。

[0041] 以下に、スターリング冷凍機1の構造について説明する。

[0042] スターリング冷凍機1は、圧力容器5と、圧力容器5内にシリンダと、シリンダ内を往復動するピストンと、ピストンを駆動するリニアモータと、シリンダ内においてピストンに対向するディスプレーサと、ピストンとディスプレーサとの間に圧縮空間と、ディスプレ

ーサに対してピストンの反対側に膨張空間と、ピストンに対してディスプレーサの反対側に背面空間と、膨張空間に対してディスプレーサの反対側に吸熱部(低温部)としてのコールドヘッド6と、圧縮空間および膨張空間の連通部に放熱部(高温部)としてのウォームヘッド7とを備える。

- [0043] ここで、ピストンとディスプレーサとは同軸上に配設されており、ディスプレーサの一端を形成するロッドは、ピストンの中心部に設けられた摺動穴を貫通している。また、ピストンおよびディスプレーサは、各々バネを介して背面空間側の圧力容器5に弾性支持されている。
- [0044] 圧縮容器5内(圧縮空間、膨張空間および背面空間)には、高圧ヘリウムガスなどの不活性ガスが作動媒体として充填されている。また、圧縮空間と膨張空間とは、再生器を介して連結されている。
- [0045] 実際に、スターリング冷凍機を作動させた際は、ピストンがリニアモータによって駆動され、所定周期で往復運動する。これにより、作動媒体は作動空間(圧縮空間および膨張空間)内で圧縮／膨張される。ディスプレーサは、作動媒体の圧縮／膨張に伴う圧力変化によって、直線的に往復運動する。なお、このとき、ピストンとディスプレーサとは、所定の位相差をもって同一周期にて往復運動することになる。
- [0046] 上記の往復運動の結果、コールドヘッド6において冷熱の発生がなされるなどの効果が得られる。この際、圧縮で生じる熱はウォームヘッド7を介して、スターリング冷凍機1の外部へと放熱されることになる。なお、上記の冷熱の発生原理などの逆スターリング熱サイクルに関しては、一般によく知られているので、ここでは説明を省略する。
- [0047] 以下に、蒸発器3と凝縮器4とを含む、高温部の熱交換サイクル(放熱サイクル)について説明する。
- [0048] 本サイクルは、図1に示すように、ウォームヘッド7の周囲に設けられ、冷媒の蒸発によりウォームヘッド7の熱を吸収する蒸発器3と、蒸発器3よりも高所に配置され、気相状態の冷媒を凝縮する凝縮器4と、冷媒を蒸発器3から凝縮器4へと導く導管8と、液冷媒を凝縮器4から蒸発器3へと戻す戻り管9とを含む自然循環型の回路である。なお、本回路内には、水(水溶液を含む)や炭化水素などの冷媒が封入されている。
- [0049] なお、図1において、蒸発器3は、円環形状を複数(2つ)の部分に分割した形状を

有する蒸発器3A, 3Bにより構成されている。

- [0050] ここで、円環形状の分割数は2つに限定されるものではない。また、蒸発器3の環形状は円環形状に限られるものではなく、ウォームヘッドの形状にあわせて任意の環形状(たとえば四角環形状など)を適用することが可能である。
- [0051] また、凝縮器4は、図1に示すように、折り曲げ管4Aと、フイン4Bと、導管側ヘッダーパイプ4Cと、戻り管側ヘッダーパイプ4Dとを備える。ここで、折り曲げ管4Aは、ヘッダーパイプ4C, 4D間を接続し、該折り曲げ管4Aには、フイン4Bが取り付けられる。また、ヘッダーパイプ4C, 4Dは、それぞれ導管8、戻り管9に接続される。
- [0052] 次に上記の熱交換サイクルの動作について説明する。
- [0053] ウォームヘッド7に発生した熱は、ウォームヘッド7から蒸発器3に伝達され、蒸発器3内に溜まっている液冷媒を蒸発させる。蒸発した冷媒の蒸気は、蒸発器3から導管8へと流入し、該導管8を上昇して、蒸発器3よりも高い位置に設置された凝縮器4に流入する。その後、該ガス冷媒は、凝縮器4において外部と熱交換を行ない、大部分のガス冷媒が凝縮される。
- [0054] 凝縮器4において凝縮した冷媒(凝縮されなかったガス冷媒を含む)は、戻り管9を下降する。そして、凝縮された液冷媒は蒸発器3に戻り、再びウォームヘッド7の熱によって蒸発し、熱交換を行なう。
- [0055] ところで、スターリング冷凍機の従来の放熱システムは、高温部に水を流したり、空気を送風することにより、高温部を冷却し、放熱を促進するように構成されている。
- [0056] しかしながら、上記のような水や空気の顯熱を利用した熱交換は熱伝導量が小さく、また水や空気の強制循環のための外部動力の駆動により消費電力が大きくなるため、結果として放熱サイクルの熱交換効率が低下する。
- [0057] これに対し、本実施の形態に係る熱交換システムにおいては、冷媒の蒸発／凝縮による潜熱を利用した熱交換を行なうことにより、顯熱を利用した水冷／空冷などの熱交換と比較して、数十倍程度大きい熱伝達量を得ることができ、熱交換効率を大幅に向上させることができる。
- [0058] また、上記のサイクルにおいては、蒸発器3と凝縮器4との上下配置における高度差と、気体(ガス冷媒)と液体(液冷媒)との比重差とを利用した自然循環を得ることが

できる。したがって、ポンプなどの外部動力が不要となり、省エネ効果を得ることができる。

- [0059] ところで、上記の熱交換サイクルを氷点下の環境で動作させる場合、冷媒の凍結による配管の破損などの問題が考えられる。これに対し、水にたとえばエタノールやエチレングリコールなどを含む添加剤を混入させた冷媒を用いて、凝固点を降下させることによって凍結をおこりにくくすることができる。この場合、該添加剤による可燃性などの危険な要因を考慮して、添加剤混入後のエタノールまたはエチレングリコールの冷媒に占める割合は、20wtパーセント以下程度とすることが好ましい。
- [0060] 次に、蒸発器3の構造およびスターリング冷凍機1への取り付け方法について説明する。
- [0061] 蒸発器3は、円筒状のウォームヘッド7に簡単に取り付けることができるようにするため、図1に示すように、2つの半円環状蒸発器3A, 3Bに分割され、それらを組み合わせることにより、高温部の断面形状に対応した略円環形状を形成する。また、上記の各蒸発器3A, 3Bには、それぞれ導管8と戻り管9とが接続されている。
- [0062] 実際に取り付けを行なう際は、まず、一対の半円環状蒸発器3A, 3Bを、ウォームヘッド7の周囲に密着させて環形状を形成するように合わせる。そして、1つあるいは複数のバンド10を用いて周囲から締め付ける。これにより、ねじ止めやかしめを用いることなく、環状の蒸発器3をウォームヘッド7に密着・固定することができる。
- [0063] ここで、ウォームヘッド7と蒸発器3とをより密着させて放熱サイクルの熱交換効率を向上させるため、伝熱グリスを使用することが好ましい。
- [0064] 凝縮器4において凝縮した液冷媒は、戻り管9を経由して蒸発器3内に流入し、蒸発器3内で再度蒸発する際にウォームヘッド7と熱交換を行なう(ウォームヘッド7から熱を吸収する)。
- [0065] ここで、導管8および戻り管9は蒸発器3の内周面の上部(ガス冷媒領域)に戻り管9からの導かれる冷媒が接触する位置に接続される。蒸発器上方の戻り管9から滴下される液冷媒は、蒸発器内の液冷媒に対して比較的低温であるので、冷却能力が大きい。ガス冷媒領域は、液冷媒が満たされていないため、液冷媒領域と比較すると高温であり、この高温箇所を冷却能力の大きい戻り管9から滴下される液冷媒にて冷却

することにより、放熱サイクルの冷却能力を向上させることができる。

- [0066] ここで、蒸発器3内でガス化した冷媒が導管8へ流入する際の速度(流速の一例としてはたとえば30m/s程度)は非常に大きく、凝縮した液冷媒が戻り管9から蒸発器3内へ滴下される際の流量(流量の一例としてはたとえば9cc/min程度)は比較的小さい。この結果、蒸発器3内へ流入する液冷媒が、大きな流速をもつ上記のガス冷媒とともに、液体状態のまま導管8へと流入する場合がある。このとき、蒸発器3内に十分な液冷媒が供給されないために、該蒸発器3の液位が下がり、また、戻り管9からの液冷媒が蒸発器3の内周面のガス冷媒領域に接触しないため冷却機能が低下する場合がある。
- [0067] これに対し、本実施の形態に係る熱交換システムは、たとえば図2または図3に示すように、蒸発器3内において、戻り管9の開口部9Aと蒸発器3の内周面11Aとの間の距離が、導管8の開口部8Aと内周面11Aとの間の距離よりも小さい構造を有する。ここで、上記の距離は、開口部8A, 9Aと内周面11Aとを直線で結んだ直線距離を意味する。
- [0068] 蒸発器3内における熱交換は、蒸発器3とウォームヘッド7との接触部付近、すなわち蒸発器3の内周面付近において最も活発に行なわれる。上記のように、戻り管9の開口部を蒸発器3の内周面11Aに近づけることで、蒸発器3内に流入した液冷媒が、該蒸発器3の内周面に達しやすくなり、液冷媒が液体状態のまま導管8へと流入することによる冷却機能の低下が防止される。
- [0069] 以下に、上記の導管8および戻り管9の構造について、さらに詳細に説明する。
- [0070] 上述した導管8および戻り管9の構造の一例としては、図2に示すように、導管8および戻り管9は蒸発器3の外周面11に接続され、該戻り管9は導管8よりも蒸発器3の内周面11A側に突出している構造が挙げられる。このとき、好ましくは、戻り管9の先端が、蒸発器3の内周面11Aより約3mm程度離間された態様とする。上記先端と内周面11Aの距離を近づけすぎると流動抵抗になるため問題となる。
- [0071] また、他の例としては、図3に示すように、導管8は蒸発器3の外周面11に、戻り管9は蒸発器3の軸方向端面12に接続されている構造であってもよい。
- [0072] このように、本実施の形態に係る熱交換システムは、デバイス全体の構造上の制約

に対して、蒸発器3に接続される導管8および戻り管9の構造について、複数のバリエーションが選択可能である。

- [0073] なお、戻り管9を蒸発器3の軸方向端面12に接続する場合、該戻り管9は、蒸発器3の吸熱部としてのコールドヘッド6配管側に対して軸方向反対側の端面12に接続されていることが好ましい(図1参照)。
- [0074] これにより、コールドヘッド6に対して比較的高温である冷媒からの熱伝達によって、コールドヘッド6の温度が上昇することを防ぎ、スターリング冷凍機の熱交換効率を向上させることができる。
- [0075] 上記のスターリング冷凍機および熱交換システムを作動させた際は、図2および図3に示すように、液面13Aを境界にして、蒸発器3内の下部に液冷媒領域13が、上部に蒸発したガス冷媒領域14が形成される。ここで、戻り管9は導管8よりも、ガス冷媒領域14の周方向端面15(導管8に近い側の周方向端面である。なお、図2及び図3においては、当該周方向端面は図示の都合上切断されていて、表示されていない。)側において蒸発器3に接続されていることが好ましい。
- [0076] これにより、戻り管9から蒸発器3に流入する液冷媒が、蒸発器3から導管8へと流入するガスの気流に巻き込まれにくくなる。したがって、蒸発器3への液冷媒への供給が不足して、放熱サイクルの冷却機能が低下するのを防止することができる。
- [0077] また、戻り管9は、図4に示すように、外周面11に接続され、蒸発器3の内部で屈曲し、かつ蒸発器3内部で該蒸発器3の軸方向端面12と交差する方向に延在する構造であってもよいし、図5に示すように、蒸発器3の外部で屈曲し、軸方向端面12に接続され、かつ蒸発器3内部で該蒸発器3の軸方向端面12と交差する方向に延在する構造であってもよい。
- [0078] なお、図4および図5においては、蒸発器3内の軸方向のほぼ全体にわたって戻り管9が延在しているが、これは部分的な延在であってもよい。
- [0079] 上記のように、戻り管9を蒸発器3の軸方向端面12と交差する方向に延在させることにより、蒸発器3の外部は図2、図3と同様の構造で、蒸発器3内の任意の軸方向の位置に戻り管9の開口部9Aを設けることができる。したがって、導管8へと流入するガスの気流に対して、より巻き込まれにくい位置に液冷媒を滴下しやすくなり、該液冷

媒が導管8へ逆流するのを防ぐ効果を高めることができる。

- [0080] また、この場合、戻り管9は、図4、図5に示すように、蒸発器3の内部で複数の開口部9Aを有することが好ましい。
- [0081] これにより、凝縮した液冷媒を蒸発器3の軸方向に分散して滴下することができる。したがって、液冷媒を内周面11Aに幅広く接触させることができ、放熱サイクルの冷却効率を高めることができる。
- [0082] さらに、複数の開口部9Aの径は、戻り管9の上流から下流に向けて大きくすることが好ましい。これにより、流路抵抗の大きい戻り管9の下流側においても、液冷媒が滴下されやすくなる。したがって、各々の開口部9Aからの滴下量をバランスよく分散させることができる。
- [0083] 上記の蒸発器3に係る変形例としては、図6に示すように、蒸発器3内において、導管8の開口部8Aよりも下方に、該導管8に液冷媒が流入するのを防ぐ液冷媒流入防止部としての流入防止板16を備えた構造が考えられる。
- [0084] これは、蒸発器3内で冷媒が蒸発するときに、非常に大きな気泡となる場合がある。そのとき、液冷媒領域の液冷媒が気泡の上昇とともに持ち上げられ、飛散した液冷媒の一部が液体状態のまま導管8に流入することができる。このような現象が起きると、蒸発器3内の液冷媒量が減少するため、冷却能力が低下する。当該変形例に拠れば、流入防止板16の作用により上記現象の発生を防ぐことができる。したがって、冷却機能が低下するのを防止することができる。
- [0085] さらに、蒸発器3に係る他の変形例としては、図7に示すように、戻り管9とは別に、蒸発器3の複数の部分にそれぞれ接続され、該蒸発器3の複数の部分を連結し、該複数の部分間での液冷媒の流動を許容する連結管17を備えた構造が考えられる。
- [0086] これにより、複数(図7においては2つ)の蒸発器3の冷媒の液位の不均衡を調整することができるので、各々の蒸発器3の液位の低下が緩衝され、結果として放熱サイクルの冷却機能が低下するのを抑制することができる。
- [0087] なお、本実施の形態に係る熱交換システムにおいて、上記の蒸発器3は、複数に分割されたものに限定されず、たとえば図8に示すような円環状の形状であってもよい。この場合、蒸発器3に接続される第1および第2の導管8B、8Cを備え、図8に示

すように、導管8B, 8Cと蒸発器3との接続位置間にて、蒸発器3に戻り管9を接続することが好ましい。

- [0088] これにより、戻り管9から蒸発器3に滴下される凝縮した液冷媒(図8中の破線矢印)が、液面13Aから蒸発したガス冷媒が導管8に流入することよって生じる流れ(図8中の実線矢印)に巻き込まれにくくなり、該冷媒の導管8への逆流による蒸発器3内の液位の低下が抑制され、結果として、放熱サイクルの冷却機能が低下するのを防止することができる。
- [0089] 図9に、上述した熱交換システムを有するスターリング冷凍機を備えたスターリング冷却庫の一例を示す。
- [0090] 図9に示す冷却庫18は、冷却空間として冷凍空間と冷蔵空間との少なくとも一方を備える。また該冷却庫18は、スターリング冷凍機のウォームヘッドの冷却を行なう高温側熱搬送サイクル(放熱システム)として、上述した熱交換システム(図9中の破線)を備え、さらに、冷却庫内とスターリング冷凍機のコールドヘッドとの熱交換を行なう低温側熱搬送サイクル(吸熱システム)を備えている。
- [0091] 低温側熱搬送サイクルは、コールドヘッド6(図1参照)の周囲に接触して取り付けられた低温側凝縮器19と、低温側戻り管20および低温側導管21により、低温側凝縮器19と接続された低温側蒸発器22とから構成された循環回路である。この回路内には二酸化炭素や炭化水素などが冷媒として封入されている。ここで、冷媒の蒸発と凝縮とによる自然循環を利用して、コールドヘッド6で発生した冷熱を伝達することができるよう、低温側蒸発器22を低温側凝縮器19より下方に配置している。
- [0092] 図9に示すように、スターリング冷凍機は、冷却庫18背面の上部に配置される。また、吸熱システムは冷却庫18の背面側に配置され、放熱システムは冷却庫18の上部側に配置される。なお、低温側蒸発器22は、冷却庫18内の背面部分に設けられた冷気ダクト23に内設され、凝縮器4は冷却庫18の上部に設けたダクト24に内設される。
- [0093] スターリング冷凍機1を作動させると、ウォームヘッド7(図1参照)で発生した熱が、凝縮器4を介してダクト24内の空気と熱交換される。このとき、送風ファン25により、ダクト24内の暖かい空気が冷却庫18の庫外へ排出されるとともに、冷却庫18の庫

外の空気が取り込まれ、熱交換が促進される。

- [0094] 一方、コールドヘッド6で発生した冷熱は、低温側蒸発器22を介して冷気ダクト23内の気流(図9中の矢印)と熱交換される。このとき、冷凍空間側ファン26および冷蔵空間側ファン27により、低温側蒸発器22で冷却された冷気が、それぞれ冷凍空間28および冷蔵空間29に送風される。各冷却空間28, 29からの暖かくなった気流は、冷気ダクト23を介して再び低温側蒸発器22に送られ、繰り返し冷却される。
- [0095] 上記の冷却庫18に備えられたスターリング冷凍機は、上述の構成により、冷却機能が高い放熱サイクルを有し、この結果として、冷却庫の成績係数を向上させることができる。
- [0096] なお、本実施の形態に係る熱交換システムを適用できるデバイスは、上記のスターリング冷凍機に限られるものではなく、同様の形状の熱源を有する任意のデバイスに適用することが可能である。具体的には、電車等に使われているサイリスタの冷却、金型の冷却などが考えられる。
- [0097] なお、上記の熱交換システムにおいて、上述した各々の特徴部分を組み合わせて複合された効果を得るようにすることは、当初から予定されている。
- [0098] (実施の形態2)
- 本実施の形態における放熱システムは、スターリング冷凍機にて発生する熱を外部へ放熱するために、ループ型サーモサイフォンを採用した放熱システムである。すなわち、本実施の形態における放熱システムは、スターリング冷凍機の圧縮空間を熱源として、圧縮空間に生じる熱をスターリング冷凍機に設けられた放熱部を介してループ型サーモサイフォンの蒸発器にて回収し、蒸発器内の作動流体を媒体として凝縮器に熱を搬送し、外部に放熱するものである。
- [0099] 図10は、本発明の実施の形態2におけるループ型サーモサイフォンを備えたスターリング冷凍機の概略斜視図である。まず、図10を参照して、ループ型サーモサイフォンおよびこのループ型サーモサイフォンが取り付けられたスターリング冷凍機の設置構造について説明する。
- [0100] 図10に示すように、スターリング冷凍機101は、支持台105上に載置され、支持台105の底板に設けられた支持部106によって支持されている。また、ループ型サーモ

サイフォン110も支持台105上に載置され、支持台105の底板に設けられた支持部106によって支持されている。なお、後述するループ型サーモサイフォン110の蒸発器111は、スターリング冷凍機101の放熱部104に締め付けバンド107によって固定されている。これら支持台105にて支持されたスターリング冷凍機101およびループ型サーモサイフォン110は、所定の機器(たとえば、冷却庫等)の筐体内に設置される。

- [0101] 次に、スターリング冷凍機101の構造および動作について説明する。
- [0102] 図10に示すように、スターリング冷凍機101は、圧力容器102を備えている。圧力容器102内には、ピストンおよびディスプレーサが嵌装されたシリンダが設けられている。シリンダ内はヘリウム等の作動媒体によって充填されている。シリンダ内の空間は、ピストンおよびディスプレーサによって圧縮空間と膨張空間とに区画されている。圧縮空間の周囲には放熱部(ウォームヘッド)104が設けられており、膨張空間の周囲には吸熱部(コールドヘッド)103が設けられている。
- [0103] シリンダ内に嵌装されたピストンは、リニアアクチュエータによって駆動され、シリンダ内を往復動する。ディスプレーサは、ピストンが往復動することによって生じる圧力変化により、シリンダ内をピストンの往復動と一定の位相差をもって往復動する。このピストンおよびディスプレーサの往復動により、シリンダ内に逆スターリングサイクルが実現される。これにより、圧縮空間を取り囲むように設けられた放熱部104は昇温し、膨張空間を取り囲むように設けられた吸熱部103は極低温にまで冷却される。
- [0104] 次に、ループ型サーモサイフォン110の構造および動作について説明する。
- [0105] 図10に示すように、ループ型サーモサイフォン110は、蒸発器111と凝縮器113とを備える。蒸発器111は、スターリング冷凍機101の放熱部104と接するように配置され、放熱部104に生じる熱を奪い、蒸発器111内に充填された作動流体を蒸発させる部位である。凝縮器113は、蒸発器111よりも高所に配置され、蒸発器111にて蒸発した作動流体を凝縮させる部位である。蒸発器111と凝縮器113とは、送り管112および戻り管114によって接続されており、これらによって閉回路が構成されている。なお、図示するループ型サーモサイフォン110にあっては、熱源である放熱部104の外形が円筒形状であるため、蒸発器111は円弧状に分割された2つの蒸発器111A

, 111Bにて構成されている。

- [0106] 凝縮器113は、送り管側母管(送り管側ヘッダーパイプ)113aと、戻り管側母管(戻り管側ヘッダーパイプ)113cと、これら送り管側母管113aと戻り管側母管113cとを接続する複数の並行管113bと、並行管113bに接触して設けられた放熱フィン113dとからなる組立体としてユニット化されて構成されている。
- [0107] 送り管側母管113aは、送り管112に接続され、導入された作動流体を分流する分配器である。これに対して、戻り管側母管113cは、戻り管114に接続され、分流された作動流体を合流させる管寄せである。
- [0108] 蒸発器111内においてスターリング冷凍機101の放熱部104から熱を奪って蒸発した作動流体は、蒸発器111と凝縮器113との蒸気圧力差によって重力に抗して上昇し、送り管112を通って凝縮器113に導入される。凝縮器113内で冷却され凝縮した作動流体は、重力によって落下し、戻り管114を通って蒸発器111に導入される。以上のような相変化を伴う作動流体の対流作用により、スターリング冷凍機101の放熱部104にて生じる熱を外部へと放熱することが可能になる。
- [0109] 図11は、スターリング冷凍機の放熱部を取り囲むように設置された蒸発器の端面図である。また、図12は、蒸発器の組立て構造を示す分解斜視図である。以下においては、これらの図を参照して、蒸発器の構造について詳細に説明する。
- [0110] 図11に示すように、蒸発器111は、円筒形状の放熱部104の外周面に対して密着して取付けが可能となるように、2つの半円環状に分割された蒸発器111A, 111Bによって構成される。すなわち、蒸発器111A, 111Bは、組付け後において略円環状に構成される。それぞれの蒸発器111A, 111Bは、その上部において、送り管112および戻り管114に接続されている。
- [0111] 放熱部104と蒸発器111A, 111Bとの間には、高熱伝導グリス120が介在している。高熱伝導グリス120は、放熱部104と蒸発器111A, 111Bとの密着性を高めるために塗布されるものであり、この高熱伝導グリス120にて放熱部104と蒸発器111A, 111Bの間の隙間を充填することにより、放熱部104に生じる熱が蒸発器111A, 111Bに効率よく伝熱される。なお、本明細書においては、放熱部と蒸発器とが直接接觸するように構成された場合に限らず、本実施の形態の如く放熱部と蒸発器とが放

熱グリス等の伝熱材を介して間接的に接触するように構成された場合をも含めて、放熱部と蒸発器とが当接していると表現する。

- [0112] 図11および図12に示すように、蒸発器111A, 111Bは、複数に分割された枠体にてそれぞれ構成されている。複数に分割された枠体は、放熱部104に当接する当接面115aを含む内側枠体115と、放熱部104に当接しない外側枠体116と、内側枠体115と外側枠体116を組立てた場合に蒸発器111A, 111Bの周方向端部に生じる開口を塞ぐキャップ117, 118とからなる。これら複数に分割された枠体同士は、ろう材を用いた溶接にて接続される。なお、外側枠体116の外周面には、組立て後において送り管112および戻り管114と蒸発器111A, 111Bの内部とを接続する孔116a, 116bが設けられており、この孔116a, 116bに対応する位置に送り管112および戻り管114が溶接によって接続される。
- [0113] 上記構成の蒸発器111A, 111Bとすることにより、蒸発器111A, 111Bの内部には、作動流体が流動可能な流路が構成される。この蒸発器111A, 111Bの内部には、作動流体として、たとえば水にエタノールやエチレングリコールなどを含む添加剤が混入させた冷媒が封入される。
- [0114] 図13は、図11に示すXIII-XIII線に沿った蒸発器の断面図である。また、図14は、図13に示す領域XIVの拡大断面図である。以下においては、これらの図を参照して、蒸発器内部の構造について説明する。
- [0115] 図13に示すように、蒸発器111Aの内側枠体115と外側枠体116とは、その接続部位においてろう材121によって接続されている。内側枠体115の当接面115aの反対側に位置する壁面である内側壁面115bには、流路側に向かって突出する台状部115cが設けられている。台状部115cの頂面115c1には、予め粗面化処理が施されることにより加工面115dが形成されている。
- [0116] ここで、粗面化処理とは、表面に微小な凹凸形状を付与する処理のことであり、たとえば切削具を用いて内側枠体115の内側壁面115bを切り起こすことにより、内側壁面115bに無数の突部115eを形成し、その後ローラにて突部115eの先端を折り曲げる処理のことを指す。このような粗面化処理を施すことにより、作動流体に面する部分の内側枠体115の内側壁面115bに無数の突部115eが位置することとなり、蒸発

器111A, 111Bを構成する枠体と作動流体との接触面積が大きく確保されるようになる。このため、熱交換が促進されて蒸発器111A, 111Bの冷却性能が大幅に向上するようになる。また、上述の如く切り起こした突部115eに折り曲げ処理を加えることにより、突部115cによって開まれた空間内に気泡の核が形成され易くなるため、作動流体の蒸発が促進され、蒸発器の冷却性能をさらに向上させることが可能になる。

[0117] 以上において説明したように、本実施の形態の如く、ループ型サーモサイフォンの蒸発器の放熱部と当接する部位の内壁面に粗面化処理を施すことにより、放熱部から蒸発器の枠体に伝熱された熱が効率よく作動流体の蒸発に利用されるようになるため、冷却効率に優れたループ型サーモサイフォンとすることが可能になる。また、蒸発器を複数の枠体に分割することにより、蒸発器の組立て前に放熱部に当接する部位を有する枠体のみに粗面化処理を施すことが可能になるため、煩雑な製造工程を経ることなく容易に上記構成の蒸発器を形成することが可能になる。

[0118] しかしながら、上述のように、内側枠体に粗面化処理を施した後に複数に分割された枠体をろう材を用いた溶接にて接続する構成とした場合には、粗面化処理による加工面にろう材が流入し易くなる問題が生じる。冷却性能をより高く維持するためには、内側枠体の流路に面する部分のすべてが粗面化処理されていることが好ましいが、このように構成した場合にはろう材が加工面の凹凸部分に吸い込まれ易くなり、結果としてろう材が蒸発器内部に大量に流入して冷却性能の低下を引き起こすこととなってしまう。このため、本実施の形態におけるループ型サーモサイフォンにおいては、上述の如く、蒸発器の内側枠体の内側壁面に台状部を設け、この台状部の頂面に粗面化処理を施すことによってこの問題を解決している。以下、この点について、図を参照して詳細に説明する。

[0119] 図13に示すように、蒸発器111Aの軸方向における外側枠体116の外形寸法L1に対し、蒸発器111Aの軸方向における内側枠体115の外形寸法L2がより大きく構成されている。このため、組付け後において、内側枠体115の蒸発器111Aの軸方向における端部は、外側枠体116よりも突出して位置することになる。

[0120] 図15は、図13に示す領域XVの拡大断面図である。内側枠体115の蒸発器111Aの軸方向における端部近傍の内側壁面115b側には、台状部115cを設けられること

によって生ずる段差部が位置しており、組付け時にはこの段差部に外側枠体116の縁が嵌め込まれ、ろう付けが施される。ここで、台状部115cの頂面115c1に位置する加工面115dの厚みH2は、加工面の頂面115d1から段差部の底面である内側壁面115bまでの距離H1に比べて小さく構成されている。

- [0121] 内側枠体115および外側枠体116をこのような形状とすることにより、内側枠体115と外側枠体116との溶接時にろうが盛られる位置から、加工面115dまでの距離が大きく確保されるようになるため、ろう材121が蒸発器111A内に流入して加工面115dに吸い込まれることが回避されるようになり、冷却性能の低下が防止されるようになる。
- [0122] また、図11に示すように、本実施の形態におけるループ型サーモサイフォン110の蒸発器111は、半円環状に分割された2つの蒸発器111A, 111Bによって構成され、外形が円筒形状の放熱部104の外周面に組付けられる。このため、溶接後の内側枠体115および外側枠体116にキャップ117, 118を溶接にて取付ける際には、ろう材が内側枠体115の当接面115a側にはみ出したり、キャップの表面にはみ出したりしないように注意して溶接する必要がある。万が一、これらの場所にろう材がはみ出した場合には、放熱器と蒸発器の密着性が阻害され、ループ型サーモサイフォン110の冷却性能が低下するおそれがある。このため、本実施の形態におけるループ型サーモサイフォン110においては、キャップの取付け位置を工夫することにより、この問題の解決を図っている。以下、この点について、図を参照して詳細に説明する。
- [0123] 図16は、蒸発器の軸線と直交する面における蒸発器の断面を示す図である。また、図17は、図16に示す領域XVIIの拡大図であり、図18は、図16に示す領域XVIIIの拡大図である。
- [0124] 図16に示すように、溶接後における内側枠体115および外側枠体116の周方向端部に生じる開口を閉塞するように取付けられるキャップ117は、蒸発器111Aの径方向において、外側に僅かにずれた位置にて取付けられる。すなわち、図17に示すように、領域XVIIにおいては、内側枠体115の加工面115dの頂面115d1から内側枠体115の当接面115aまでの距離H4に比べ、内側枠体115の頂面115d1からキャップ117の端部までの距離H3がより小さくなるように、キャップ117が取付けられる

。また、図18に示すように、領域XVIIIにおいては、外側枠体116の厚みH5に比べ、内側枠体の内壁面からキャップ117の端部までの距離H6がより大きくなるように、キャップ117が取付けられる。

[0125] このように、溶接後における内側枠体115および外側枠体116にキャップ117を僅かにずらして取付けられることにより、ろう材が内側枠体115の当接面115a側にはみ出したり、キャップ117の表面にはみ出したりするおそれがなくなる。このため、放熱部と蒸発器の高い密着性を実現することが可能になり、冷却性能が高く維持されたループ型サーモサイフォンとすることが可能になる。

[0126] (実施の形態3)

本実施の形態における放熱システムは、上述の実施の形態2と同様に、スターリング冷凍機にて発生する熱を外部へ放熱するために、ループ型サーモサイフォンを採用した放熱システムである。図19は、本実施の形態における放熱システムの構成例を説明するためのスターリング冷凍機およびループ型サーモサイフォンの部分断面図である。

[0127] 図19に示すようにスターリング冷凍機101の放熱部104は、熱源である圧縮空間123を囲むように配設されており、圧縮空間123に設けられた内部熱交換器124を介して圧縮空間123内に生じる熱を回収する。放熱部104の外壁面104bには、ループ型サーモサイフォンの蒸発器を構成する外側枠体116が溶接等によって組付けられる。なお、内部熱交換器124の膨張空間側には、再生器125が配置されている。

[0128] 本実施の形態におけるループ型サーモサイフォンの蒸発器は、環状の枠体119のみによって構成されており、上述の実施の形態2の如くの内側枠体115は備えていない。すなわち、蒸発器は、作動流体が流動する流路を内側に含む環状の枠体119からなり、環状の枠体119は、環状の枠体119の軸線を含む断面において、スターリング冷凍機101の放熱部104側に開口を有している。このため、溶接等によって環状の枠体119が放熱部104に組付けられた後においては、流路は、環状の枠体119の内壁面と、上記開口を塞ぐように位置する放熱部104の外壁面104bとによって構成されることになる。

[0129] 本実施の形態における放熱システムにおいては、スターリング冷凍機101の放熱

部104の外壁面104bのうちの流路に面する部分に、粗面化処理の加工面104dが位置している。このように構成することにより、放熱部から直接作動流体に熱が与えられるとともに、放熱部と作動流体の接触面積が大きく確保されるため、効率よく作動流体を蒸発させることができになり、冷却効率に優れたループ型サーモサイフォンとすることができる。

[0130] 図20は、本実施の形態における放熱システムの変形例を示すスターリング冷凍機およびループ型サーモサイフォンの部分断面図である。図20に示すように、本実施の形態における放熱システムにおいても、上述の実施の形態2と同様に、スターリング冷凍機の放熱部104の外壁面のうちの流路に面する部分に、台状部104cを設け、この台状部104cの頂面104c1に粗面化処理の加工面104dを形成することにより、溶接時におけるろう材の流路内への流入が効果的に防止されるようになる。

[0131] (実施の形態4)

図21は、本発明の実施の形態4におけるスターリング冷却庫の構造を示す模式断面図である。本実施の形態におけるスターリング冷却庫は、上述の実施の形態2または3に記載のスターリング冷凍機およびループ型サーモサイフォンを搭載している。

[0132] 図21に示すように、スターリング冷却庫130は、冷却空間として冷凍空間138と冷蔵空間139とを備える。スターリング冷却庫130は、スターリング冷凍機101の放熱部104の冷却を行なう放熱部側熱搬送システムとしてループ型サーモサイフォン110を備えている。なお、スターリング冷凍機101の吸熱部103に発生する極低温は、吸熱部側熱搬送システム131(図21中の破線部分参照)によって庫内の冷却に利用される。この吸熱部側の熱搬送システムとしては、放熱部側熱搬送システムと同様にループ型サーモサイフォンによって構成してもよいし、強制対流型の熱搬送システムとしてもよい。

[0133] ここで、放熱部側熱搬送システムであるループ型サーモサイフォン110は、スターリング冷凍機101の放熱部104の周囲に接触して取り付けられた蒸発器111と、送り管および戻り管によって上記蒸発器111と接続された凝縮器113とから構成される。この蒸発器111、凝縮器113、送り管および戻り管からなる循環回路内には、たとえばエタノールが添加された水などが冷媒として封入される。そして、冷媒の蒸発と凝

縮による自然対流を利用して放熱部104で発生した熱を伝達することができるよう^に、凝縮器113が蒸発器111より上方(高所)に配置されている。

- [0134] 図21に示すように、スターリング冷凍機101は、スターリング冷却庫130の背面^上部に配備される。また、吸熱部側熱搬送システム131は、スターリング冷却庫130の背面側に配備される。これに対し、放熱部側熱搬送システムであるループ型サーモサイフォン110は、スターリング冷却庫130の上部に配備される。なお、ループ型サーモサイフォン110の凝縮器113はスターリング冷却庫130の上部に設けたダクト134に内設される。
- [0135] スターリング冷凍機101を動作させると、放熱部104で発生した熱が、ループ型サーモサイフォン110の凝縮器113を介してダクト134内の空気と熱交換される。このとき、送風ファン135により、ダクト134内の暖かい空気がスターリング冷却庫130の庫外へ排出されるとともに、スターリング冷却庫130の庫外の空気が取り込まれ、熱交換が促進される。
- [0136] 一方、吸熱部103で発生した極低温は、冷気ダクト133内の気流(図21中の矢印)と熱交換される。このとき、冷凍空間側ファン136および冷蔵空間側ファン137により、冷却された冷気がそれぞれ冷凍空間138および冷蔵空間139に送風される。各冷却空間138、139からの暖かくなった気流は再び冷気ダクト133に導入され、繰り返し冷却される。
- [0137] 上記のスターリング冷却庫に搭載された放熱システムは、上述の実施の形態2または3に記載の放熱システムであるため、冷却効率に優れた放熱システムである。このため、スターリング冷凍機を高効率で運転させることが可能になり、スターリング冷却庫の性能も向上する。
- [0138] なお、上述の実施の形態1ないし4において示したループ型サーモサイフォン、放熱システム、熱交換システムおよびスターリング冷却庫における特徴部分は、相互に組合^{わせ}うことが可能であり、これら特徴部分を相互に組合^{わせ}うた場合には、冷却効率の向上が飛躍的に向上するようになる。
- [0139] また、上述の実施の形態においては、ループ型サーモサイフォンを含む放熱システムをスターリング冷凍機の放熱部側熱搬送システムに採用した場合を例示して説明

を行なったが、熱源を有する他のデバイスにも当然に適用可能である。

[0140] このように、今回開示した上記各実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではない。本発明の技術的範囲は請求の範囲によって画定され、また請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

請求の範囲

- [1] 放熱部(7)の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる蒸発器(3)と、前記冷媒を凝縮させる凝縮器(4)と、前記冷媒を前記蒸発器(3)から前記凝縮器(4)へと導く導管(8)と、前記凝縮器(4)で凝縮した前記冷媒を前記凝縮器(4)から前記蒸発器(3)へと戻す戻り管(9)とを備えた熱交換システムであって、前記蒸発器(3)内において、前記戻り管(9)の開口部(9A)と該蒸発器(3)の内周面(11A)との間の距離は、前記導管(8)の開口部(8A)と前記内周面(11A)との間の距離よりも小さい、熱交換システム。
- [2] 前記導管(8)および前記戻り管(9)は前記蒸発器(3)の外周面(11)に接続され、該戻り管(9)は該導管(8)よりも前記蒸発器(3)の内周面(11A)側に突出した、請求項1に記載の熱交換システム。
- [3] 請求項2に記載の熱交換システムの蒸発器(3)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [4] 前記導管(8)は前記蒸発器(3)の外周面(11)に、前記戻り管(9)は前記蒸発器(3)の軸方向端面(12)に接続された、請求項1に記載の熱交換システム。
- [5] 請求項4に記載の熱交換システムの蒸発器(3)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [6] 放熱部(7)の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる、複数に分割された蒸発器(3A, 3B)と、前記冷媒を凝縮させる凝縮器(4)と、前記冷媒を複数に分割された前記各蒸発器(3A, 3B)から前記凝縮器(4)へと導く導管(8)と、前記凝縮器(4)で凝縮した前記冷媒を前記凝縮器(4)から前記各蒸発器(3A, 3B)へと戻す戻り管(9)とを備えた熱交換システムであって、前記戻り管(9)は前記導管(8)よりも前記各蒸発器(3A, 3B)の前記導管(8)に近い側の周方向端面(15)側にそれぞれ接続された、熱交換システム。
- [7] 前記導管(8)および前記戻り管(9)は前記蒸発器(3A, 3B)の外周面(11)に接続

され、

該戻り管(9)は該導管(8)よりも前記蒸発器(3A, 3B)の内周面(11A)側に突出した、請求項6に記載の熱交換システム。

- [8] 請求項7に記載の熱交換システムの蒸発器(3A, 3B)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [9] 前記導管(8)は前記蒸発器(3A, 3B)の外周面(11)に、前記戻り管(9)は前記蒸発器(3)の軸方向端面(12)に接続された、請求項6に記載の熱交換システム。
- [10] 請求項9に記載の熱交換システムの蒸発器(3A, 3B)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [11] 複数に分割された蒸発器(3A, 3B)と、
冷媒を凝縮させる凝縮器(4)と、
前記冷媒を複数に分割された前記各蒸発器(3A, 3B)から前記凝縮器(4)へと導く導管(8)と、
前記凝縮器(4)で凝縮した前記冷媒を前記凝縮器(4)から前記各蒸発器(3A, 3B)へとそれぞれ戻す戻り管(9)と、
前記複数の蒸発器(3A, 3B)を連結し、該複数の蒸発器(3A, 3B)間での液冷媒の流動を許容する連結管(17)とを備えた、熱交換システム。
- [12] 前記導管(8)および前記戻り管(9)は前記蒸発器(3A, 3B)の外周面(11)に接続され、
該戻り管(9)は該導管(8)よりも前記蒸発器(3A, 3B)の内周面(11A)側に突出した、請求項11に記載の熱交換システム。
- [13] 請求項12に記載の熱交換システムの蒸発器(3A, 3B)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [14] 前記導管(8)は前記蒸発器(3A, 3B)の外周面に、前記戻り管(9)は前記蒸発器(3A, 3B)の軸方向端面(12)に接続された、請求項11に記載の熱交換システム。

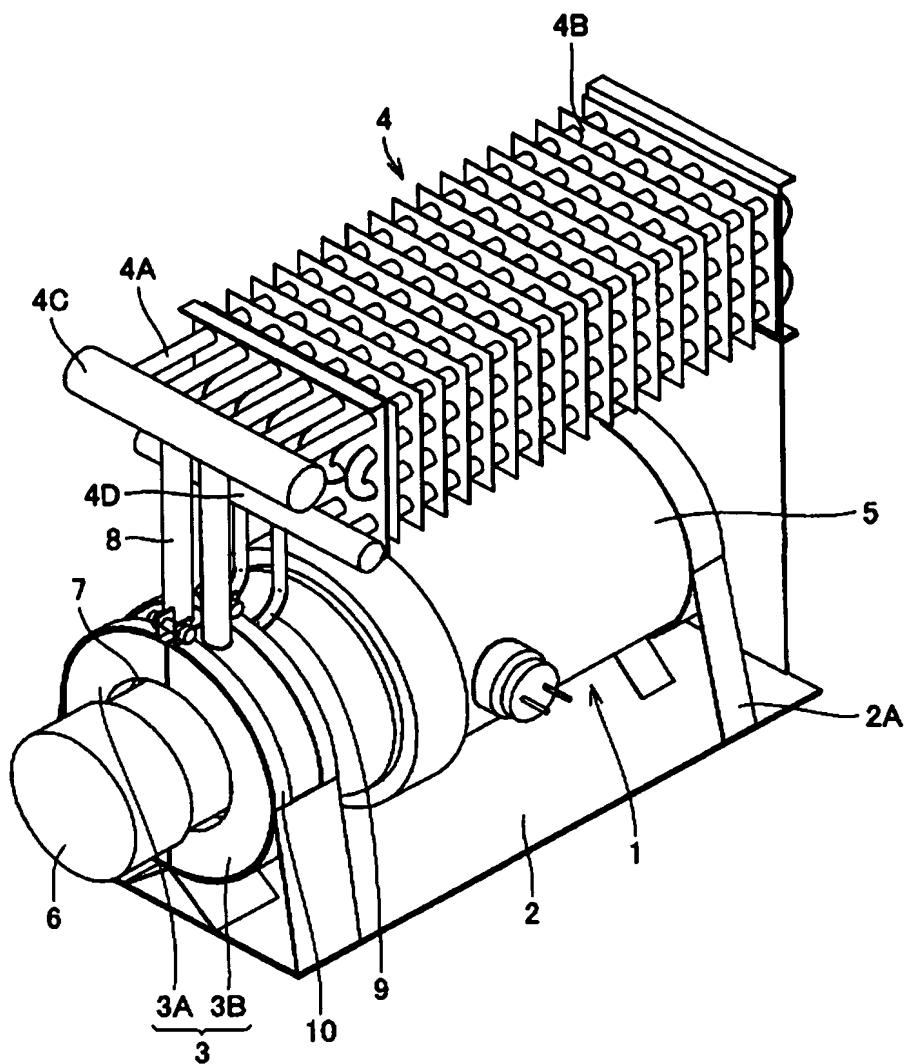
- [15] 請求項14に記載の熱交換システムの蒸発器(3A, 3B)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [16] 放熱部(7)の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる蒸発器(3)と、
前記冷媒を凝縮させる凝縮器(4)と、
前記冷媒を前記蒸発器(3)から前記凝縮器(4)へと導く導管(8)と、
前記凝縮器(4)で凝縮した前記冷媒を前記凝縮器(4)から前記蒸発器(3)へと戻す戻り管(9)と、
前記蒸発器(3)内において、該導管(8)に液冷媒が流入するのを防ぐ冷媒流入防止部(16)とを備えた、熱交換システム。
- [17] 請求項16に記載の熱交換システムの蒸発器(3)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [18] 放熱部(7)の周囲に設けられ、内部の冷媒を蒸発させる蒸発器(3)と、
前記冷媒を凝縮させる凝縮器(4)と、
前記冷媒を前記蒸発器(3)から前記凝縮器(4)へと導く第1および第2の導管(8A, 8B)と、
前記凝縮器(4)で凝縮した前記冷媒を前記凝縮器(4)から前記蒸発器(3)へと戻す戻り管(9)とを備えた熱交換システムであって、
前記第1および第2の導管(8A, 8B)の前記蒸発器(3)との接続位置間にて前記蒸発器(3)と前記戻り管(9)とを接続した、熱交換システム。
- [19] 請求項18に記載の熱交換システムの蒸発器(3)を、スターリング冷凍機(1)の放熱部(7)に装着し、該システムにより前記放熱部(7)を冷却する、スターリング冷却庫。
- [20] 热源から熱を奪い、内部の作動流体を蒸発させる蒸発器(111)と、
作動流体の熱を外部に放出し、内部の作動流体を凝縮させる凝縮器(113)とを備え、
前記作動流体が前記蒸発器(111)と前記凝縮器(113)との間を循環するよう、
前記蒸発器(111)と前記凝縮器(113)とが接続されてなるループ型サーモサイフォンであって、

前記蒸発器(111)の前記熱源に当接する部位の内壁面(115b)に、粗面化処理が施されている、ループ型サーモサイフォン。

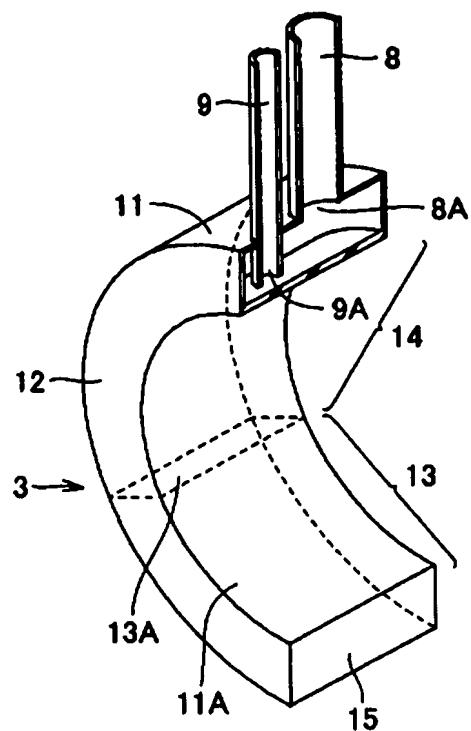
- [21] 前記蒸発器(111)は、複数に分割された枠体(115, 116, 117, 118)を含み、前記複数に分割された枠体(115, 116, 117, 118)同士がろう材(121)にて接続されることにより、前記蒸発器(111)が組み立てられている、請求項20に記載のループ型サーモサイフォン。
- [22] スターリング冷凍機(101)を搭載したスターリング冷却庫であって、前記スターリング冷凍機(101)は、請求項20に記載のループ型サーモサイフォンを備えており、前記蒸発器(111)が、前記スターリング冷凍機(101)の放熱部(104)と熱交換するように構成されている、スターリング冷却庫。
- [23] 热源を取り囲む放熱部(104)と、前記放熱部(104)から熱を奪い、内部の作動流体を蒸発させる蒸発器(111)と、作動流体の熱を外部に放出し、内部の作動流体を凝縮させる凝縮器(113)とを備え、前記作動流体が前記蒸発器(111)と前記凝縮器(113)との間を循環するように、前記蒸発器(111)と前記凝縮器(113)とが接続されてなる放熱システムであって、前記蒸発器(111)は、作動流体が流動する流路を内側に含む環状の枠体(119)からなり、前記環状の枠体(119)は、前記環状の枠体(119)の軸線を含む断面において、前記放熱部(104)の側に開口を有し、前記流路は、前記環状の枠体(119)の内壁面と、前記開口を塞ぐように位置する前記放熱部(104)の外壁面(104b)とによって構成され、前記放熱部(104)の前記外壁面(104b)のうち、前記流路に面する部分に、粗面化処理が施されている、放熱システム。
- [24] スターリング冷凍機(101)を搭載したスターリング冷却庫であって、前記スターリング冷凍機(101)は、請求項23に記載の放熱システムを備えており、前記蒸発器(111)が、前記スターリング冷凍機(101)の放熱部(104)と熱交換す

るよう構成されている、スターリング冷却庫。

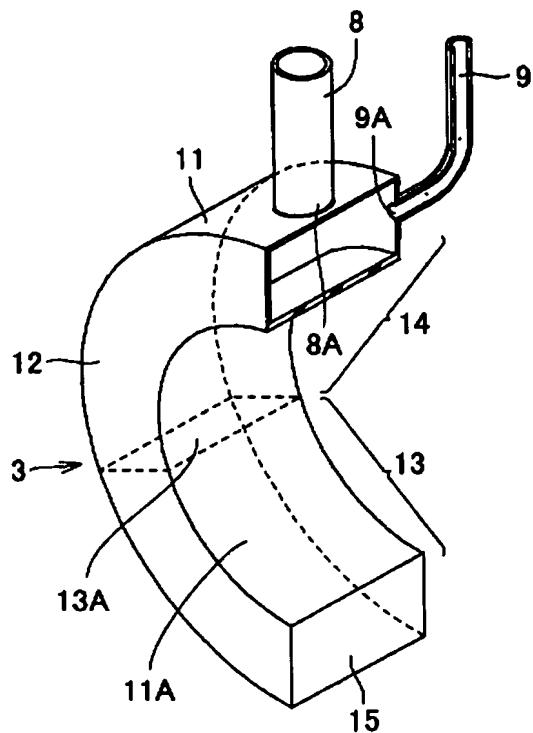
[図1]



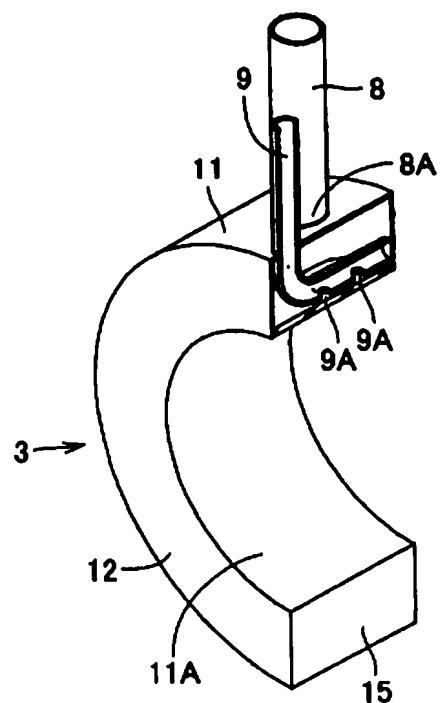
[図2]



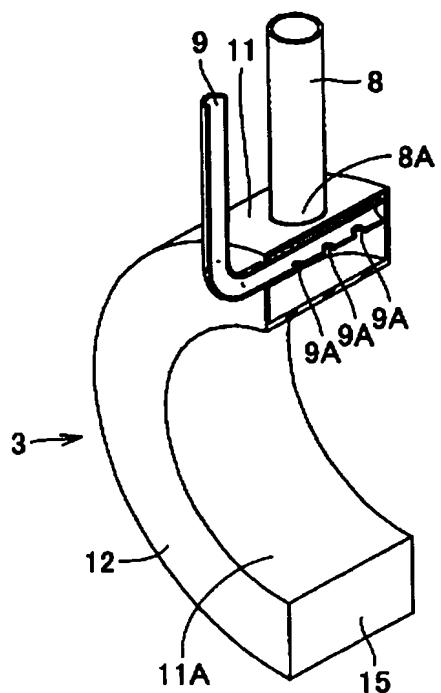
[図3]



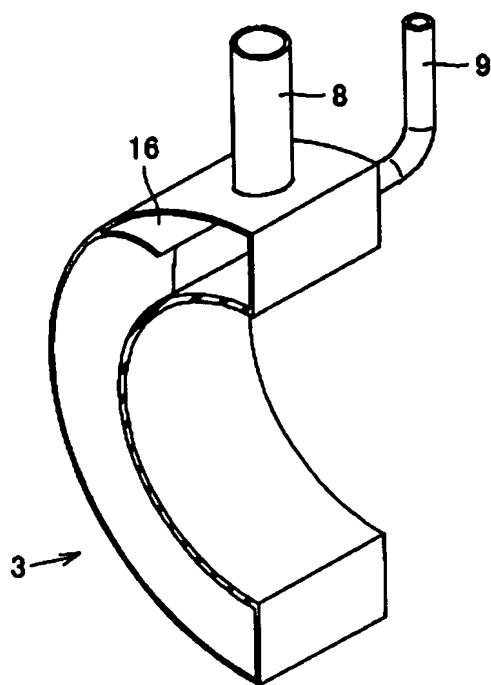
[図4]



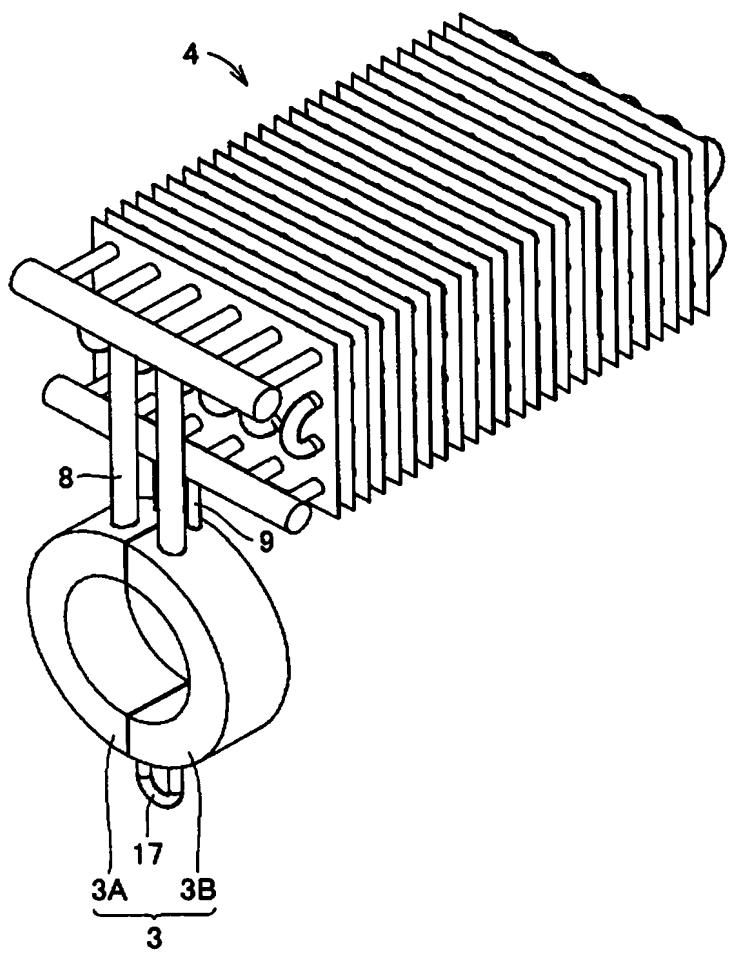
[図5]



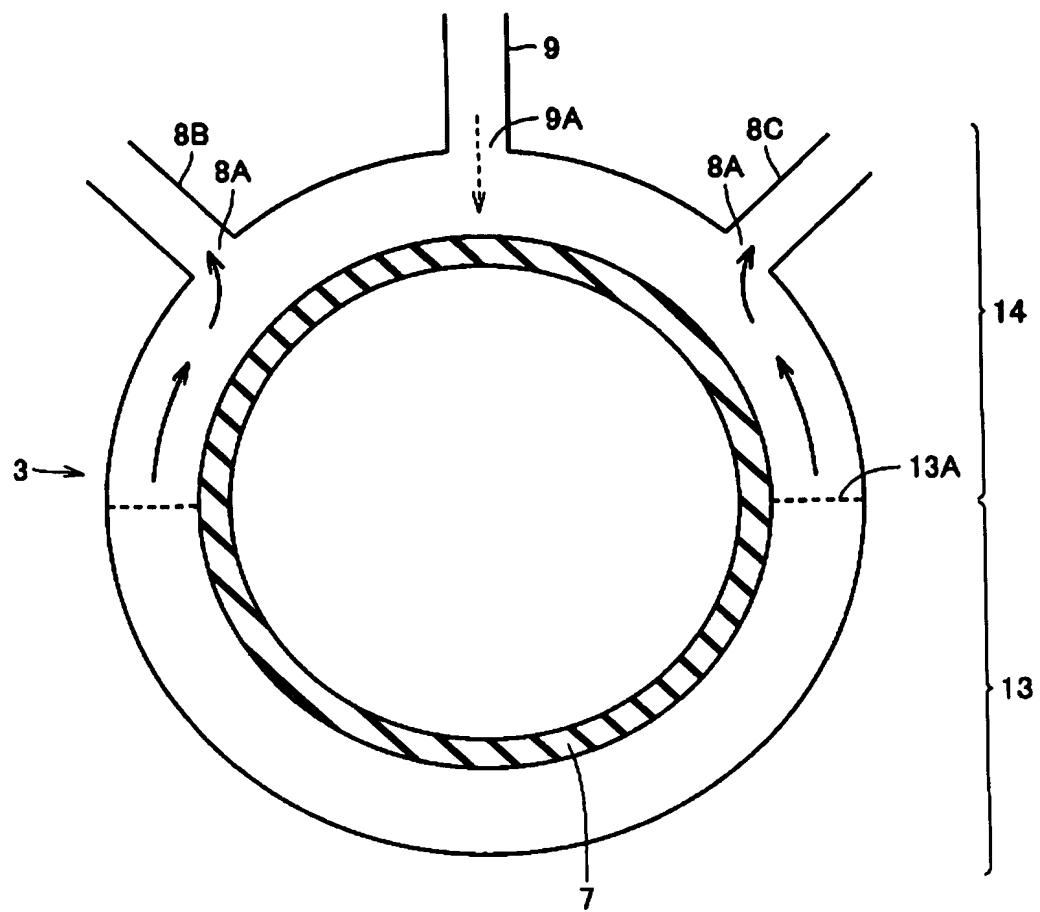
[図6]



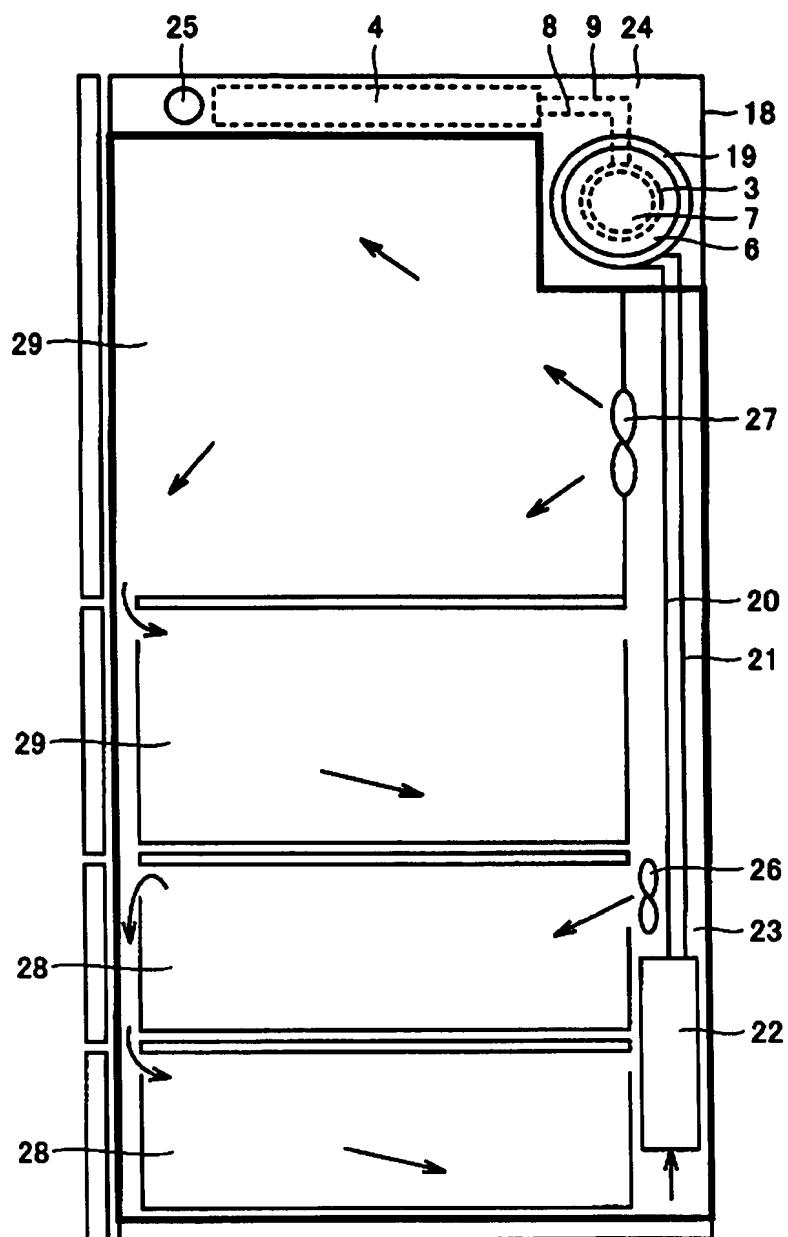
[図7]



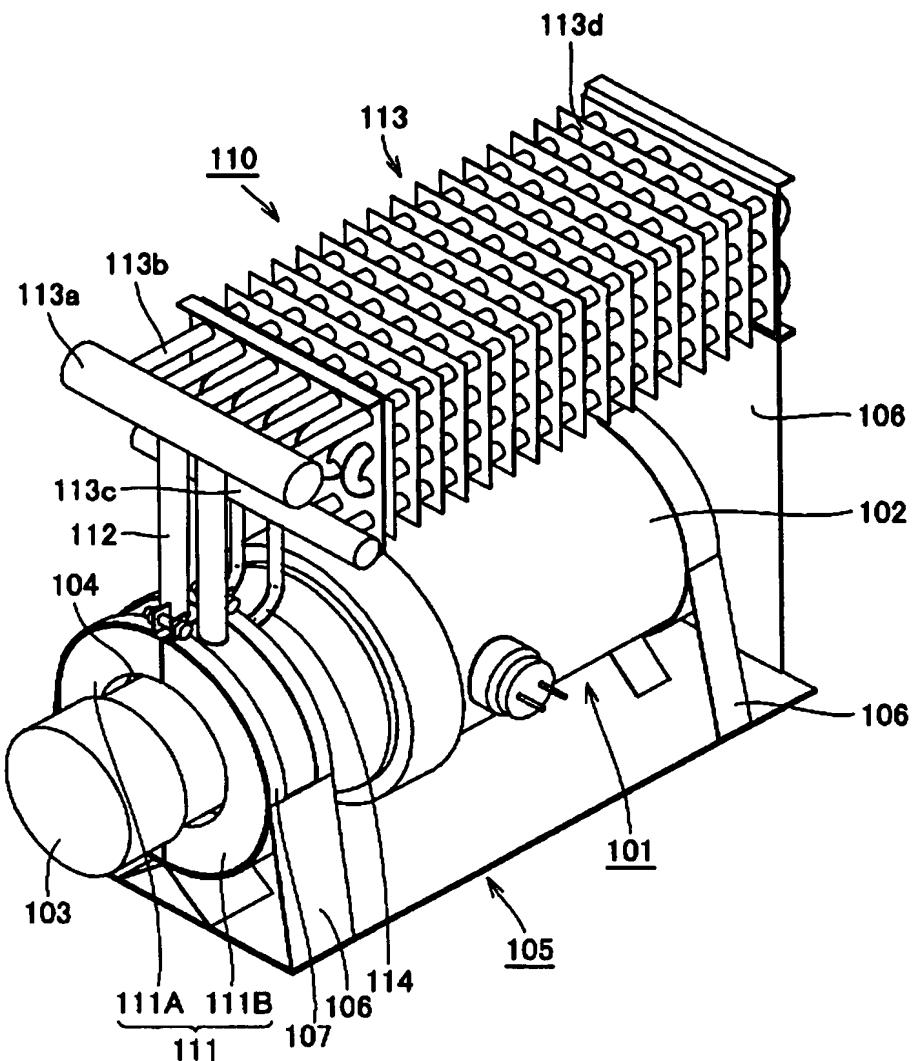
[図8]



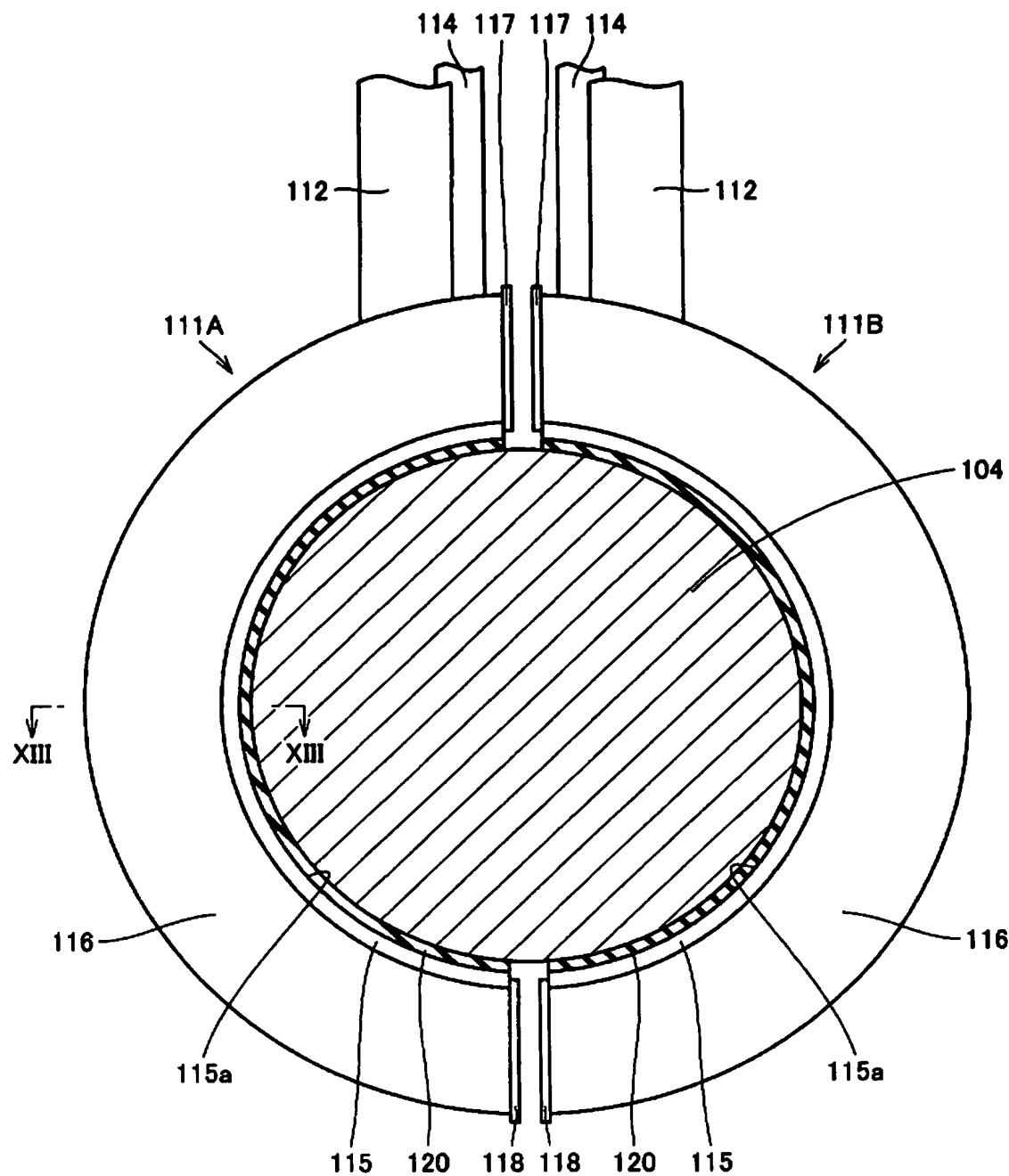
[図9]



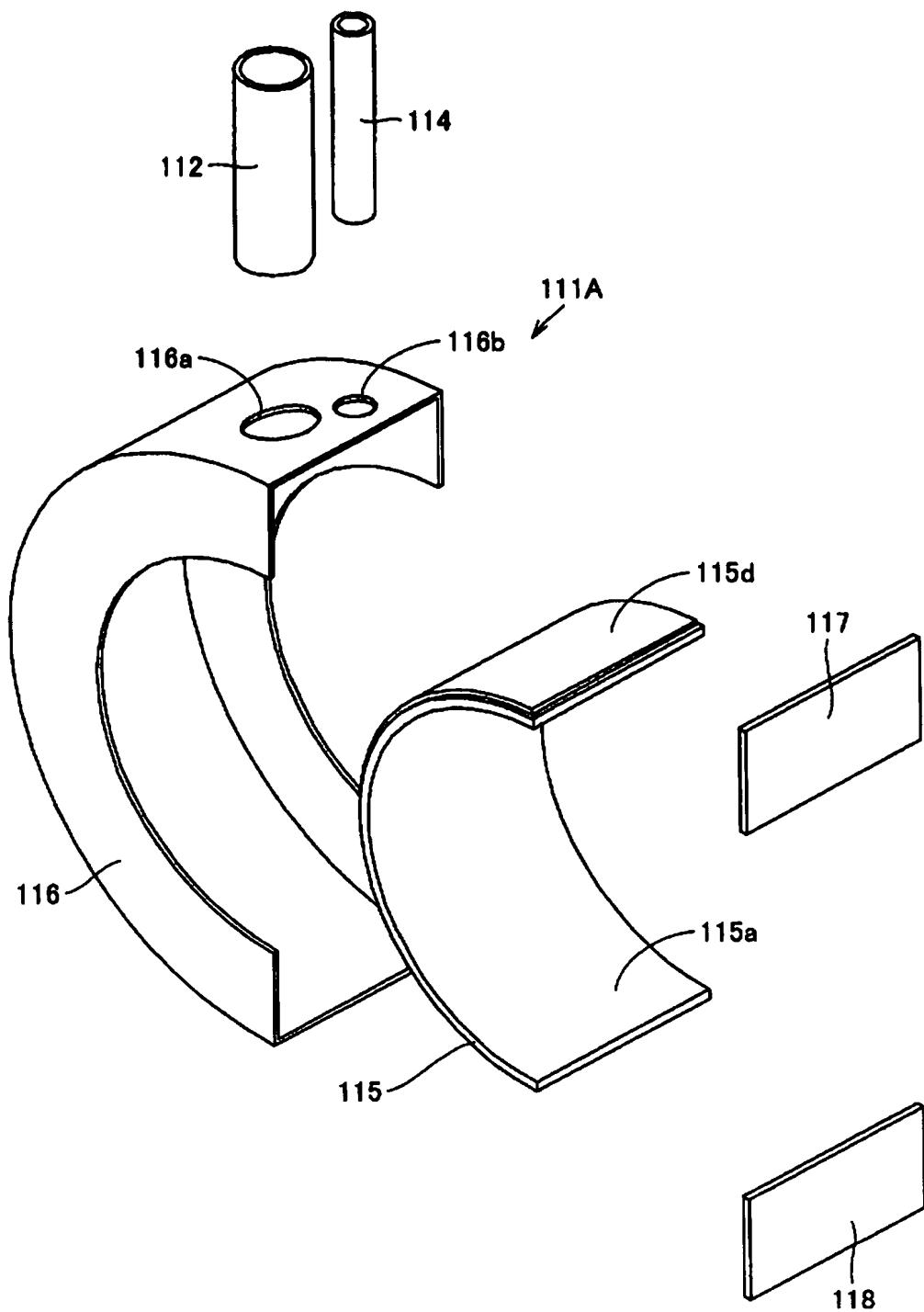
[图10]



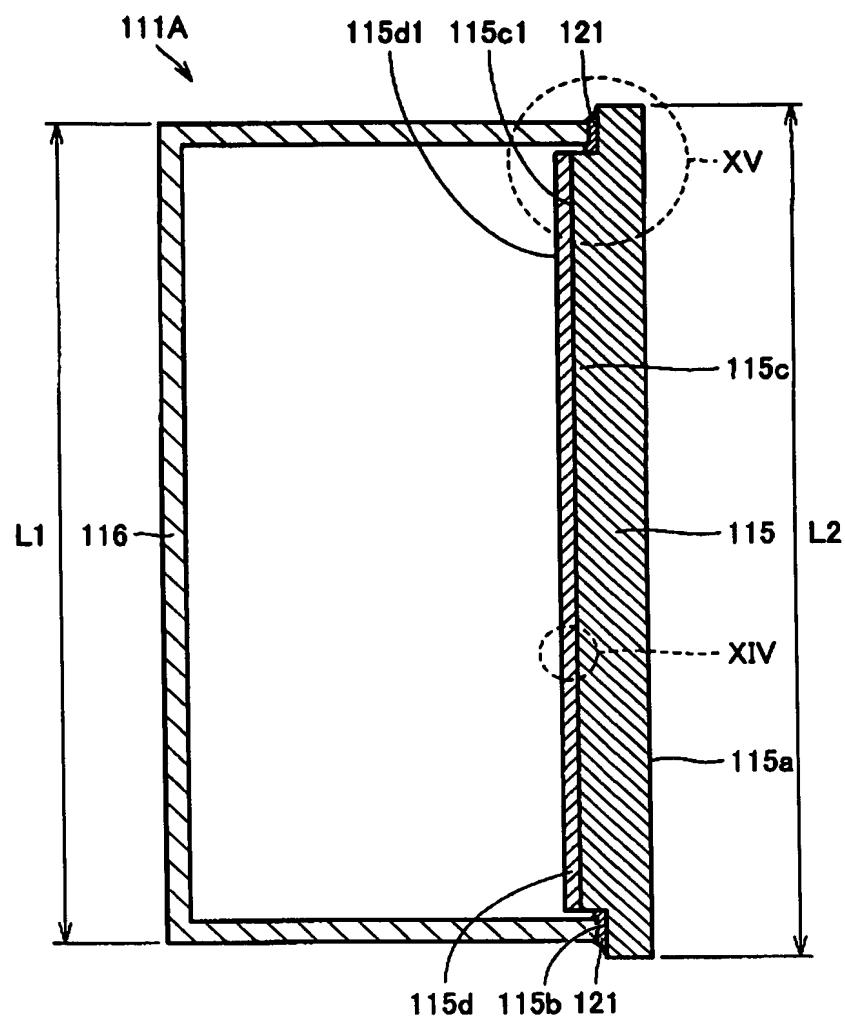
[図11]



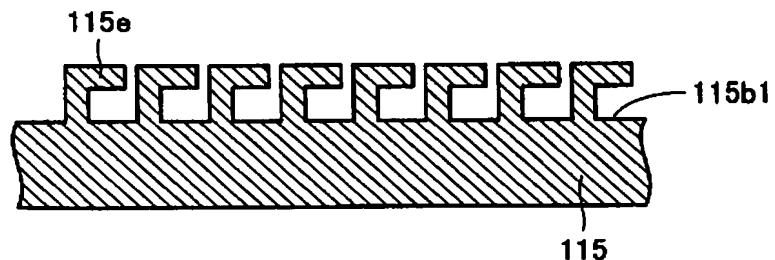
[図12]



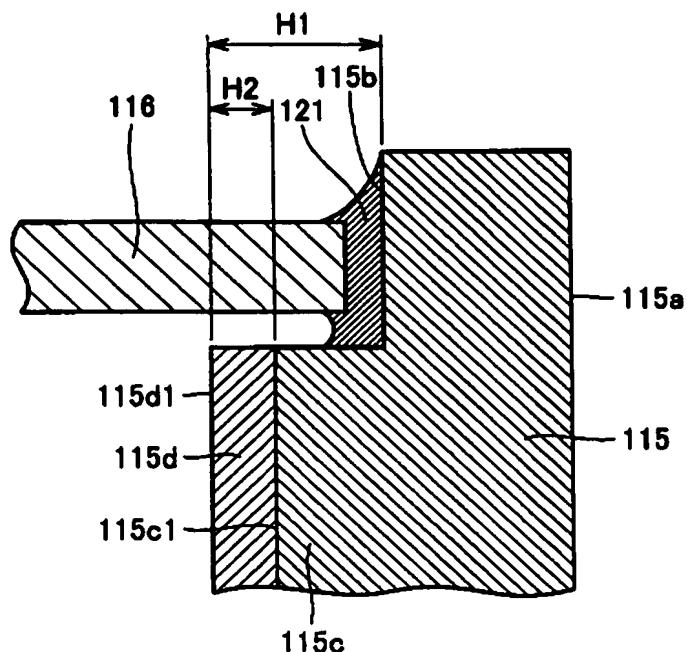
[図13]



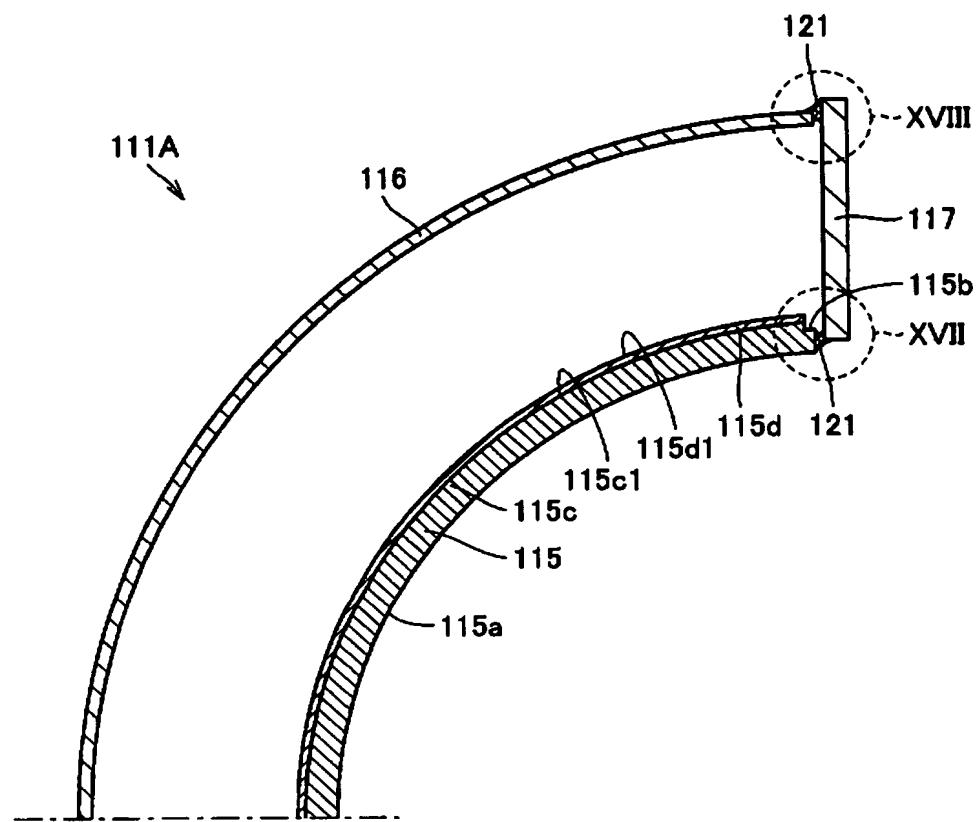
[図14]



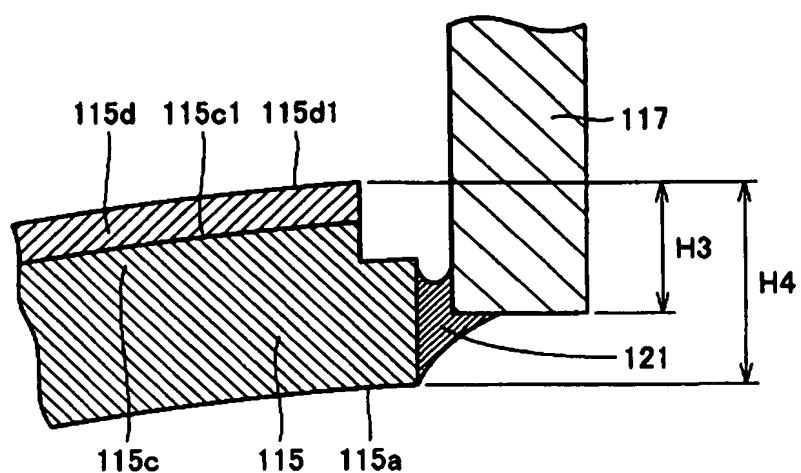
[図15]



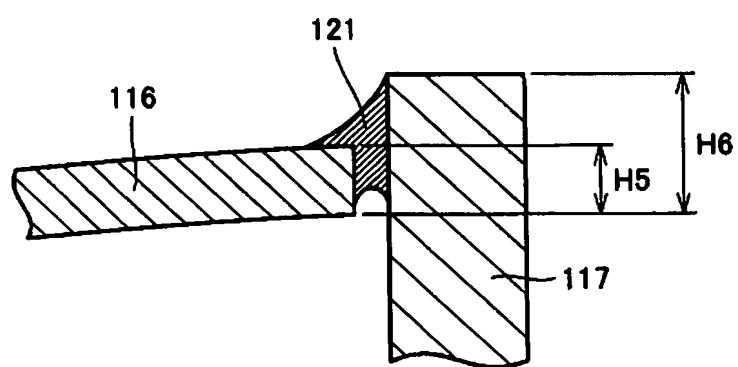
[図16]



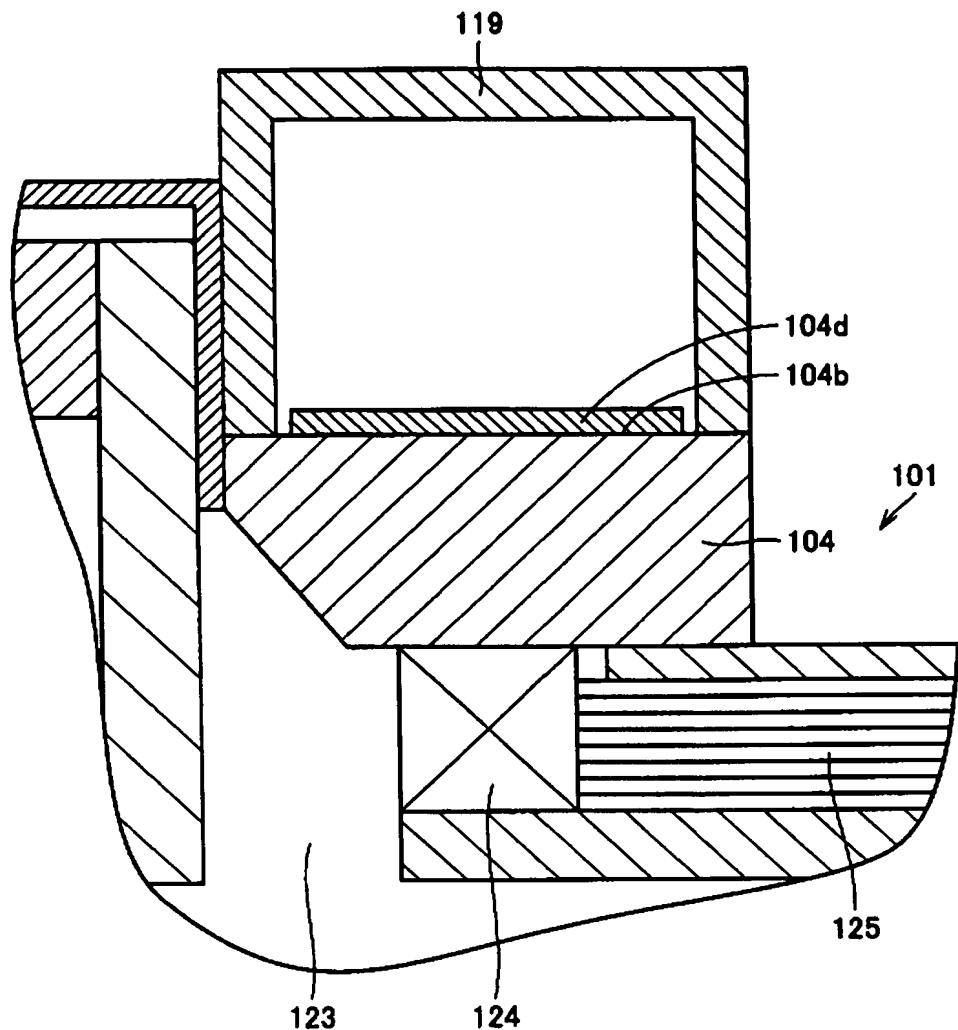
[図17]



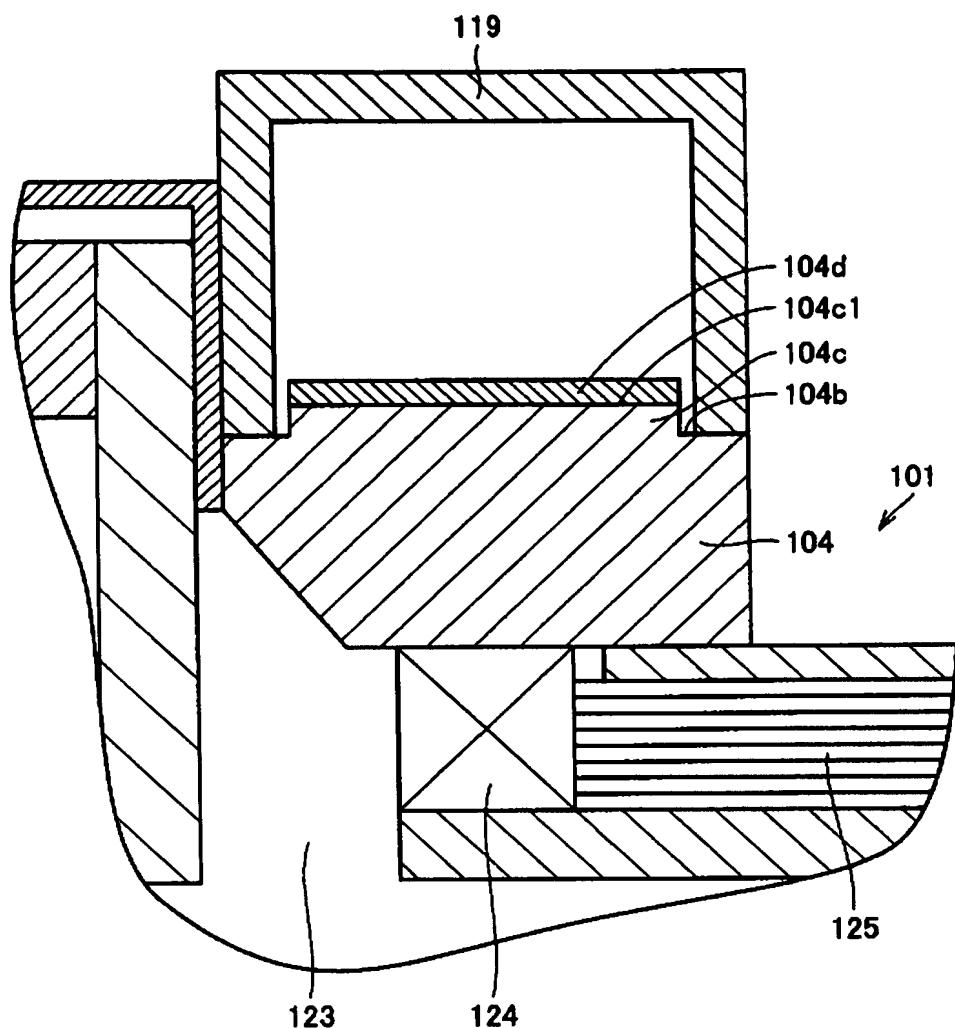
[図18]



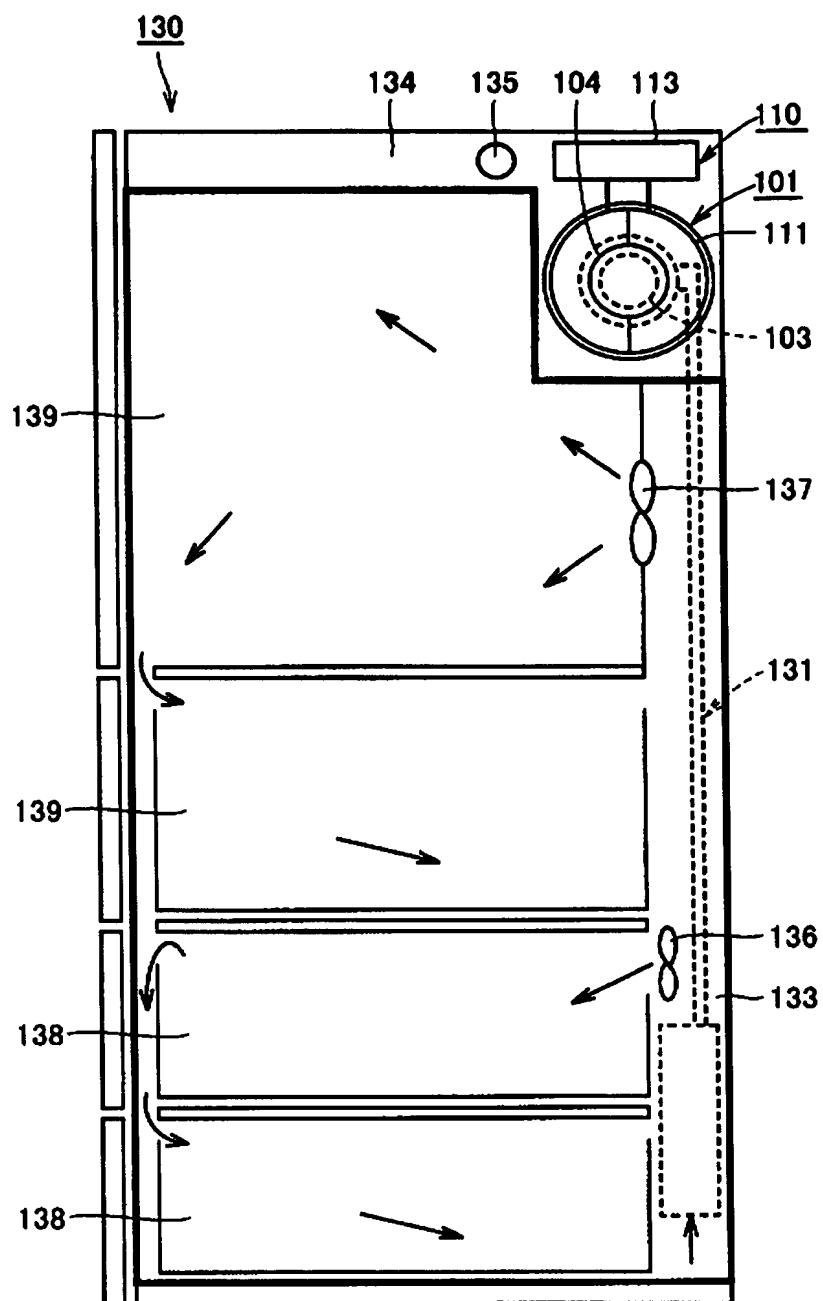
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010297

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl' F28D15/02, F25D11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl' F28D15/02, F25D11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 62-66097 A (Fujikura Densen Kabushiki Kaisha), 25 March, 1987 (25.03.87), Page 5, upper right column, line 3 to lower left column, line 9; Fig. 5 (Family: none)	1,2 3,7,8,12,13
Y	WO 02/16836 A1 (SHARP KABUSHIKI KAISYA), 28 February, 2002 (28.02.02), Page 11, line 15 to page 13, line 26; Fig. 5 & EP 1312875 A1 & JP 14-71237 A & JP 14-221384 A	3-24
Y	JP 6-185245 A (Mitsubishi Electric Corp.), 05 July, 1994 (05.07.94), Par. Nos. [0057] to [0058]; Figs. 4 to 5 (Family: none)	4-24

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- * Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 October, 2004 (18.10.04)Date of mailing of the international search report
02 November, 2004 (02.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010297

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 186429/1985 (Laid-open No. 93574/1987) (Fujikura Densen Kabushiki Kaisha), 15 June, 1987 (15.06.87), Page 3, line 15 to page 4, line 8; Figs. 1 to 2 (Family: none)	6-15,20-22
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 142409/1987 (Laid-open No. 48560/1989) (Mitsubishi Electric Corp.), 24 March, 1989 (24.03.89), Page 4, line 2 to page 5, line 1; Fig. 1 (Family: none)	16,17
Y	JP 4-369391 A (Kobe Steel, Ltd.), 22 December, 1992 (22.12.92), Par. Nos. [0012], [0017]; Fig. 7 (Family: none)	20-24
Y	JP 2002-267377 A (Tsuinbado Kogyo Kabushiki Kaisha), 18 September, 2002 (18.09.02), Par. Nos. [0015] to [0017]; Fig. 2 (Family: none)	23,24

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C17 F28D15/02, F25D11/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C17 F28D15/02, F25D11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 62-66097 A (藤倉電線株式会社) 1987.03.25, 第5頁右上欄第3行-左下欄第9行,	1, 2
Y	第5図 (ファミリーなし)	3, 7, 8, 12, 13
Y	WO 02/16836 A1 (SHARP KABUSHIKI KAISYA) 2002.02.28, 第11頁第15行-第1 3頁第26行, 第5図 & EP 1312875 A1 & JP 14-71237 A & JP 14-221384 A	3-24

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「I」優先権主張に疑惑を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18.10.2004

国際調査報告の発送日

02.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

谷口 耕之助

3M 3332

電話番号 03-3581-1101 内線 3376

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 6-185245 A (三菱電機株式会社) 1994. 07. 05, 段落【0057】-【0058】，第4-5図 (ファミリーなし)	4-24
Y	日本国実用新案登録出願60-186429号 (日本国実用新案登録出願公開62-93574号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (藤倉電線株式会社) 1987. 06. 15, 第3頁第15行-第4頁第8行, 第1-2図 (ファミリーなし)	6-15, 20-22
Y	日本国実用新案登録出願62-142409号 (日本国実用新案登録出願公開64-48560号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (三菱電機株式会社) 1989. 03. 24, 第4頁第2行-第5頁第1行, 第1図 (ファミリーなし)	16, 17
Y	JP 4-369391 A (株式会社神戸製鋼所) 1992. 12. 22, 段落【0012】，【0017】，第7図 (ファミリーなし)	20-24
Y	JP 2002-267377 A (ツインバード工業株式会社) 2002. 09. 18, 段落【0015】-【0017】，第2図 (ファミリーなし)	23, 24